

DOI:10.13432/j.cnki.jgsau.2024.04.032

铁皮石斛的化学成分及药理作用研究进展

张石玉^{1,2}, 龚小见^{1,2}, 周欣^{1,2}, 穆应素^{1,2}, 陈华国^{1,2}, 梁康³, 周美⁴, 赵超^{1,2}

(1. 贵州师范大学, 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州师范大学, 贵州省药物质量控制及评价技术工程实验室, 贵州 贵阳 550001; 3. 贵州省林业科学研究院, 贵州 贵阳 550000; 4. 贵州省中国科学院天然产物化学重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘要:铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)是兰科石斛属多年生草本植物铁皮石斛的干燥茎, 药用历史悠久, 在我国南部地区广泛分布。研究表明铁皮石斛不同部位(叶、茎、花)富含黄酮、联苄、生物碱、苯丙素、萜、菲与核苷类化合物, 具有显著的抗氧化、抗肿瘤、降血糖、缓解便秘、预防骨质疏松、护肝保肾等药理活性, 在治疗恶性肿瘤、胃肠道疾病、糖尿病、白内障、关节炎、血栓闭塞性脉管炎及慢性咽炎等疾病有很好的疗效, 特别是对于胃癌、肝癌、干眼症以及糖尿病等疾病的缓解作用比较显著。本文将铁皮石斛中报道的261种化合物、药理作用研究现状进行综述, 以期铁皮石斛后续研究开发参考。

关键词:铁皮石斛; 化学成分; 药理作用; 临床应用

中图分类号: R282

文献标志码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1003-4315(2024)04-0257-22



Advance on chemical components and pharmacological effects of *Dendrobium officinale*

ZHANG Shiyu^{1,2}, GONG Xiaojian^{1,2}, ZHOU Xin^{1,2}, MU Yingsu^{1,2}, CHEN Huaguo^{1,2}, LIANG Kang³, ZHOU Mei, ZHAO Chao^{1,2}

(1. Key Laboratory for Information System of Mountainous Areas and Protection of Ecological Environment, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. Guizhou Engineering Laboratory for Quality Control and Evaluation Technology of Medicine, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 3. Guizhou Provincial Academy of Forestry, Guiyang 550000, China; 4. Key Laboratory of Chemistry for Natural Products of Guizhou Province and Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

Abstract: Tie-Pi Shihu, the dried stem of the perennial herb *Dendrobium officinale* in the genus *Dendrobium* of the family Orchidaceae, has a long history of medicinal usage and is widely distributed in the southern part of China. Researches showed that different parts (leaves, stems and flowers) of *D. officinale* are rich in flavonoids, bibenzyl, alkaloids, phenylpropanoids, terpenes, phenanthrene and nucleosides, which have significant pharmacological activities such as antioxidant, antitumor, hypoglycemic, constipation relief, osteoporosis prevention, liver and kidney protection, etc. . They are very effective in treating malignant tu-

第一作者: 张石玉, 硕士研究生。E-mail: 2711312578@qq.com

通信作者: 赵超, 正高级实验师, 从事天然产物研究与开发。E-mail: chaozhao@126.com

基金项目: 贵州省林业科研项目[黔林科合(2021)12号]; 贵州省高层次创新人才培养项目[黔科合人才(2015)4033号]; 贵州省农村产业革命石斛产业发展专项资金。

收稿日期: 2023-01-16; 修回日期: 2023-03-17

mor, gastrointestinal diseases, diabetes, cataract, arthritis, thromboangiitis obliterans and chronic pharyngitis, etc. Particularly, it is effective in the treatments of gastric cancer, liver cancer, dry eye and diabetes. In this paper, the reported 261 compounds from *Dendrobium officinale* and the progress of research on pharmacological effects are reviewed, providing the reference for subsequent research and development of *Dendrobium officinale*.

Key words: *Dendrobium officinale*; chemical composition, pharmacological effects, clinical applications

铁皮石斛别名铁皮枫斗^[1],为兰科石斛属多年生草本植物铁皮石斛(*Dendrobium officinale* Kimura et Migo)的干燥茎,其广泛种植于中国贵州、浙江、安徽、福建等地。铁皮石斛是我国的传统药食同源植物资源^[2],在《本草纲目》《神农本草经》等多种经典医学著作中均有记载,被民间称为“救命仙草”,也被《道藏》奉为:“九大仙草”之首^[3-5],经典名方石斛苍术散、石斛夜光丸、大清饮、蒸膝汤、乌麻地黄酒等方剂中均有铁皮石斛的配伍使用。中医理论认为铁皮石斛味甘,性微寒,归胃、肾经,具有益胃生津,滋阴清热功效,为中医临床治疗热病津伤,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,筋骨痿软的常用药物。国内外学者对铁皮石斛的化学成分进行众多研究,发现其含有多种化学成分,包括黄酮、联苳、生物碱、苯丙素、萜、菲、核苷、挥发油、氨基酸和微量元素;并表现出抗氧化、抗肿瘤、降血糖、缓解便秘、预防骨质疏松、护肝保肾等药理活性^[6-11]。

目前,铁皮石斛被广泛应用于功能保健产品、医药领域及化妆品的开发,具有较好的医疗价值和经济价值前景。现代临床研究已证实铁皮石斛滴眼液、铁皮枫斗颗粒、铁皮石斛口服液、铁皮石斛膏、石斛夜光丸、通塞脉片片剂、铁皮石斛软胶囊等药物临床价值高,毒副作用小,其药材应用前景广泛。为深入开展铁皮石斛化学成分、药理活性、作用机制及靶标分子的研究,笔者对铁皮石斛的化学成分及药理研究进行综述,以期对铁皮石斛后续的临床应用和综合开发提供理论依据。

1 化学成分

铁皮石斛中含有丰富的化学成分,本研究对铁皮石斛化学成分的国内外相关文献进行归纳、分析,截至2023年,共从铁皮石斛中提取分离鉴定261种化合物,按照结构可分为黄酮类、联苳类、生

物碱类、苯丙素类等成分,其中黄酮52种、联苳58种、生物碱7种、苯丙素51种、萜类15种、醌类5种、菲类15种、核苷8种、挥发油32种和其他类化合物18种,氨基酸及微量元素42种。由于铁皮石斛是药食兼用资源,目前对其化学成分的研究主要集中在茎、叶、花上,黄酮、联苳和苯丙素类化合物被认为是其主要成分。

1.1 黄酮类

黄酮类化合物是指2个苯环通过中央三碳连接而成的一系列化合物,自然界中广泛存在,抗氧化作用显著。从铁皮石斛中分离鉴定出的黄酮类化合物以黄酮、黄酮醇、二氢黄酮、二氢黄酮醇及其苷元为主,还有少量的异黄酮、查尔酮和二氢查尔酮。张小凤^[19]采用传统的植物化学提取分离方法,分离鉴定不同产地铁皮石斛叶总黄酮中黄酮苷结构,该方法以70%醇提取不同产地铁皮石斛叶,依次采用有机溶剂石油醚、乙酸乙酯、水饱和正丁醇萃取粗提物,运用大孔吸附树脂柱、羟丙基葡聚糖凝胶柱、硅胶基质反相色谱柱分离纯化正丁醇萃取部位,得到5种黄酮化合物,结合NMR、MS、HPLC等现代波谱学和色谱学方法鉴定,最终确定是芦丁,新西兰牡荆苷II,新西兰牡荆苷I,佛莱心苷,异佛莱心苷。吕朝耕^[28]等利用UPLC-MS/MS测定广西、浙江、云南、贵州等地的14批铁皮石斛样品,从中检出10种黄酮成分,并测得不同批次的样品中10种黄酮的含量,检测结果表明不同样品中黄酮类成分的组成、含量均有较大差异;其中不同批次样品中芦丁的质量分数差异最大,芦丁质量分数最高的批次有118.160 $\mu\text{g/g}$,但有些批次芦丁质量分数非常低,未达到检测器的定量限;不同批次的样品中柚皮素含量较高,柚皮素质量分数最高的样品批次含量可达72.660 $\mu\text{g/g}$;圣草酚、异鼠李素、芹菜素是14批样品中除柚皮素之外质量分数较高的黄酮类化合物,14批样品中圣草酚、异鼠李素、芹菜素均达到定量限,试验结果显示最高

质量分数分别为 5.800、2.120、1.070 $\mu\text{g/g}$, 槲皮素、金丝桃苷、异槲皮苷等成分质量分数较低, 在部分样品中未检出。黎晶晶^[12]采用一测多评法和外标法测定铁皮石斛中 6 种黄酮类成分的含量, 试验结果表明, 不同的检测方法对黄酮化合物含量也有影响, 一测多评法测得芹菜素-6,8-二-C- β -D-吡喃葡萄糖苷、芹菜素-6-C- β -D-木糖-8-C- β -D-吡喃葡萄糖苷、异夏佛托苷、夏佛托苷和芹菜素-6-C- α -L-阿拉伯糖-8-C- β -D-木糖苷的含量分别为 0.238, 0.124, 0.071, 0.126, 0.553 mg/g , 外标测得芹菜素-6,8-二-C- β -D-吡喃葡萄糖苷、芹菜素-6-C- β -D-木糖-8-C- β -D-吡喃葡萄糖苷、异夏佛托苷、夏佛托苷、

芹菜素-6-C- α -L-阿拉伯糖-8-C- β -D-木糖苷和柚皮素的含量分别为 0.240、0.125、0.072、0.127、0.554、0.257 mg/g 。除了不同产地和检测方法对测得的黄酮化合物含量有影响之外, 不同的气候条件、种植条件、栽培技术和铁皮石斛药材的检测部位等因素均对铁皮石斛黄酮含量影响较大, 谢鲁灵枫的实验表明浙江乐清产铁皮石斛的花黄酮含量最高, 而云南昆明产铁皮石斛中叶中黄酮含量最高^[13]。

根据文献记载, 目前现已从铁皮石斛中鉴定出 52 个化合物, 代表成分有芹菜素、芦丁、槲皮素、花旗松素等化合物, 具体化合物名称见表 1, 结构见图 1^[14-32]。

表 1 铁皮石斛中黄酮类化合物的化学结构

Table 1 Chemical structures of flavones in *Dendrobium officinale*

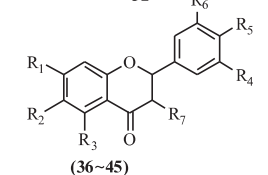
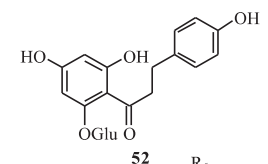
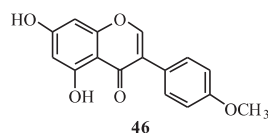
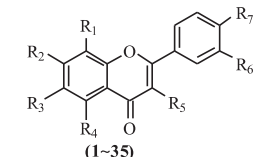
序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	芹菜素	Apigenin	27	槲皮素	Quercetin
2	金圣草黄素	Chrysoeriol	28	异鼠李素	Isorhamnetin
3	橘皮素	Tangeretin	29	异鼠李素-3-O- β -D-葡萄糖	Isorhamnetin-3-O- β -D-glucose
4	芹菜素-6,8-二-C- β -D-吡喃葡萄糖	Apigenin-6,8-di-C- β -D-glucopyranose	30	异鼠李素-3-O- α -L-鼠李糖-(1 \rightarrow 2)- β -D-吡喃葡萄糖	Isorhamnetin-3-O- α -L-rhamnose-(1 \rightarrow 2)- β -D-glucopyranose
5	芹菜素-6-C- α -L-阿拉伯糖-8-C- β -D-木糖	Apigenin-6-C- α -L-arabinose 8-C- β -D-xylose	31	芦丁	Rutin
6	芹菜素-6-C- α -L-阿拉伯糖-(1 \rightarrow 2)-O- β -D-葡萄糖	Apigenin-6-C- α -L-arabinoid-(1 \rightarrow 2)-O- β -D-glucose	32	山柰酚-3-O-芸香糖	Kaempferol-3-o-rutinoside
7	芹菜素-6-C- α -L-鼠李糖-8-C- β -D-木糖	Apigenin-6-C- α -L-rhamnose-8-C- β -D-xylose	33	山柰酚-3-O-葡萄糖	Astragalin
8	芹菜-6-C- β -D-木糖-8-C- α -L-鼠李糖	Celery-6-C- β -D-xylose-8-C- α -L-rhamnose	34	异槲皮苷	Isoquercitrin
9	夏佛托苷	Schaftoside	35	金丝桃苷	Hyperoside
10	异夏佛托苷	Isoschaftoside	36	二氢毛蕊花素	Dihydrotricetin
11	芹菜素-6-C- β -D-木糖-8-C- β -D-吡喃葡萄糖	Apigenin-6-C- β -D-xylose-8-C- β -D-glucopyranose	37	圣草酚	Eriodictyol
12	芹菜素-6-C- β -D-吡喃葡萄糖-8-C- β -D-木糖	Apigenin-6-C- β -D-glucopyranose-8-C- β -D-xylose	38	高圣草酚	Homoeriodictyol
13	芹菜素-6-C- β -D-木糖-8-C- α -L-阿拉伯糖	Apigenin-6-C- β -D-xylose-8-C- α -L-arabinose	39	橙皮素	Hesperetin
14	芹菜素-6,8-二-C- α -L-吡喃阿拉伯糖	Apigenin-6,8-di-C- α -L-arabinopyranose	40	橙皮苷	Hesperidin

续表 1 Continued table 1

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
15	芹菜素-6-C- α -L-阿拉伯糖-8-C- β -D-木糖	Apigenin-6-C- α -L-arabinose 8-C- β -D-xylose	41	甘草素	Liquiritigenin
16	大波斯菊苷	Apigenin 7-glucoside	42	3',5,5',7-四羟基黄烷酮	3',5,5',7-Tetrahydroxyfavanone
17	芹菜素-6-C-葡萄糖-(1 \rightarrow 2)- α -L-阿拉伯糖	Apigenin-6-C-glucose-(1 \rightarrow 2)- α -L-arabinose	43	柚皮素	Naringenin
18	芹菜素-8-C-葡萄糖-(1 \rightarrow 2)- α -L-阿拉伯糖	Apigenin-8-C-glucose-(1 \rightarrow 2)- α -L-arabinose	44	柚皮素-7-O-阿拉伯糖	Naringenin-7-O-arabinoside
19	芹菜素 8-C- α -L-阿拉伯糖	Apigenin 8-C- α -L-arabinose	45	花旗松素	Taxifolin
20	佛莱心苷	Violanthin	46	Biochanin A	Biochanin A
21	异佛莱心苷	Isoviolanthin	47	异甘草素	Isoliquiritigenin
22	牡荆素-2"-O-葡萄糖苷	Vitexin-2"-O- β -D-glucopyranoside	48	柚皮素查耳酮	Naringenin chalcone
23	新西兰牡荆苷 I	Vicenin I	49	2',3,4,4',6'-五羟基查耳酮	2',3,4,4',6'-Pentahydroxy-chalcone
24	新西兰牡荆苷 II	Vicenin II	50	4,2',4',6'-四羟基-3-甲氧基查耳酮	4,2',4',6'-Tetrahydroxy-3-methoxy-chalcone
25	异牡荆苷	Isovitexin	51	—	3',5'-di-C-Glucosylphloretin
26	山柰酚	Kaempferol	52	根皮苷	Phlorizin

“—”表示无对应的中文或英文名称。

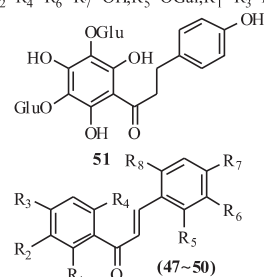
“—”Indicates no corresponding Chinese or English name.



1: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=R₃=R₅=R₆=H
 2: R₂=R₄=R₇=OH, R₆=OCH₃, R₁=R₃=R₅=H
 3: R₁=R₂=R₃=R₄=R₇=OCH₃, R₅=R₆=H
 4: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=R₃=Glu, R₅=R₆=H
 5: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Ara, R₁=Xyl, R₅=R₆=H
 6: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Ara-Glu, R₁=R₅=R₆=H
 7: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Rha, R₁=Xyl, R₅=R₆=H
 8: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Xyl, R₁=Rha, R₅=R₆=H
 9: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Glu, R₁=Ara, R₅=R₆=H
 10: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Ara, R₁=Glu, R₅=R₆=H
 11: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Xyl, R₁=Glu, R₅=R₆=H
 12: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Glu, R₁=Xyl, R₅=R₆=H
 13: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Xyl, R₁=Ara, R₅=R₆=H
 14: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Ara, R₁=R₅=R₆=H
 15: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Ara, R₁=Xyl, R₅=R₆=H
 16: R₄=R₇=OH, R₂=OGlu, R₁=R₃=R₅=R₆=H
 17: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Glu-Ara, R₁=R₅=R₆=H
 18: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Glu-Ara, R₃=R₅=R₆=H
 19: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Ara, R₃=R₅=R₆=H

36: R₁=R₃=R₄=R₅=R₆=OH, R₂=R₇=H
 37: R₁=R₃=R₄=R₅=OH, R₂=R₆=R₇=H
 38: R₁=R₃=R₅=OH, R₄=OCH₃, R₂=R₆=R₇=H
 39: R₁=R₃=R₄=OH, R₅=OCH₃, R₂=R₆=R₇=H
 40: R₃=R₆=OH, R₅=OCH₃, R₁=OGlu-Man, R₂=R₄=R₇=H
 41: R₁=R₅=OH, R₂=R₃=R₄=R₆=R₇=H
 42: R₁=R₃=R₄=R₆=OH, R₂=R₅=R₇=H
 43: R₁=R₃=R₄=OH, R₂=R₅=R₆=R₇=H
 44: R₃=R₅=OH, R₁=OGlu, R₂=R₄=R₆=R₇=H
 45: R₁=R₃=R₄=R₅=R₇=OH, R₂=R₆=H

20: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Man, R₃=Glu, R₅=R₆=H
 21: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Glu, R₃=Man, R₅=R₆=H
 22: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Glu-OGlu, R₃=R₅=R₆=H
 23: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=Glu, R₃=Xyl, R₅=R₆=H
 24: R₂=R₄=R₇=OH, R₁=R₃=Glu, R₅=R₆=H
 25: R₂=R₄=R₇=OH, R₃=Glu, R₁=R₅=R₆=H
 26: R₂=R₄=R₅=R₇=OH, R₁=R₃=R₆=H
 27: R₂=R₄=R₅=R₆=R₇=OH, R₁=R₃=H
 28: R₂=R₄=R₅=OH, R₆=OCH₃, R₁=R₃=H
 29: R₂=R₄=R₇=OH, R₆=OCH₃, R₅=OGlu, R₁=R₃=H
 30: R₂=R₄=R₇=OH, R₆=OCH₃, R₅=ORut, R₁=R₃=H
 31: R₂=R₄=R₇=OH, R₅=ORut, R₁=R₃=H
 32: R₂=R₄=R₇=OH, R₅=ORut, R₁=R₃=R₆=H
 33: R₂=R₄=R₇=OH, R₅=OGlu, R₁=R₃=R₆=H
 34: R₂=R₄=R₆=R₇=OH, R₅=OGlu, R₁=R₃=H
 35: R₂=R₄=R₆=R₇=OH, R₅=OGal, R₁=R₃=H



(47-50)
 47: R₃=R₄=R₇=OH, R₁=R₂=R₅=R₆=R₈=H
 48: R₁=R₃=R₄=R₇=OH, R₂=R₅=R₆=R₈=H
 49: R₁=R₃=R₄=R₆=R₇=OH, R₂=R₅=R₈=H
 50: R₁=R₃=R₄=R₇=OH, R₆=OCH₃, R₂=R₅=R₈=H

图 1 铁皮石斛中黄酮类化合物的化学结构

Figure 1 Chemical Structures of flavones in *Dendrobium officinale*

1.2 联苳类

联苳类化合物的母核是具有1,2-二苯乙烷骨架的一类酚类化合物及其聚合物的总称,是铁皮石斛中化合物种类最多的化合物之一,其化合物结构简单、取代基丰富、骨架连接方法多样。该类化合物中,最有代表性的是铁皮石斛素A-T、二氢白藜芦醇、Gigantol、山药素III等成分,其中铁皮石斛素A-T、X、Y是石斛属植物的特征化合物。

李燕^[24]从铁皮石斛药材分离出单体化合物72种,通过现代波谱技术鉴定了63种,其中联苳类化合物25种,发现新化合物铁皮石斛素A-R 18种,铁皮石斛A-R均首次从铁皮石斛中分离鉴定。之后任刚^[30]在李燕的基础上分离、鉴定铁皮石斛叶的化合物,将阴干铁皮石斛叶粉碎,用乙醇浸提,减压回收溶剂得到黑色浸膏,然后用乙醇溶解,采用乙酸乙酯萃取上述乙醇和浸膏的混合物,萃取液通过ODS、Sephadex LH-20、MCI CHP-20P等色谱柱分离纯化,借助NMR、MS等现代技术鉴定化合物的结构,确定分离得到23种化合物,其中有6种联苳类化合物。

目前已从铁皮石斛中分离鉴定出铁皮石斛联苳类化合物58种,化合物信息如表2,化合物结构如图2^[6,8,14-20,22-29,31,33]。

1.3 生物碱类

生物碱是铁皮石斛的重要活性成分,也是最早从石斛属植物中分离得到的化合物。铁皮石斛中生物碱碱性较弱,多数都以成盐的形式存在,少数生物碱以游离状态存在于植物细胞内,因此通常选择有机溶剂三氯甲烷、二氯甲烷、甲醇、乙醇进行提取。原琳^[34]利用闪式提取法提取铁皮石斛的生物碱,称取铁皮石斛冷冻鲜品,通过8倍体积无水乙醇闪提铁皮石斛,提取液离心保留滤渣,15倍体积水闪提后,对此提取液离心,离心得到沉淀加水抽滤并保留滤渣,得到铁皮石斛粗渣,粗渣加50倍体积水、纤维素酶、木瓜蛋白酶后调节pH至5.5,以50℃的温度酶解2h,然后过滤,清洗干净滤渣,接着干燥,之后加氨水和NaOH碱化,下一步是用3倍丙酮作为提取溶液回流脱脂,紧接着过滤丙酮回流液,用三氯甲烷浸提滤渣,对浸提物过滤,收集滤液蒸干,然后将蒸干的固形物用甲醇溶解,离心甲醇和固形物的溶液,干燥即可得到生物碱,原琳在此实验中提取的生物碱质量

占铁皮石斛原料湿重的0.019%。与之不同,刘志萍^[35]采用紫外-可见分光光度法进行生物碱含量测定,对不同产地的铁皮石斛生物碱含量进行分析,结果表明受到由于不同光照、温度、湿度、海拔、地区土壤环境等差异的影响,不同产地的铁皮石斛环境总生物碱的含量有明显差异,在这12批样品中广西南宁三塘地区总生物碱含量最高,可以达到277.210 μg/g,其次是云南勐海县,生物碱含量为260.320 μg/g,该试验中大多数产地的生物碱含量在115.340~277.210 μg/g之间。诸燕^[31]对17个铁皮石斛主产区的140余份铁皮石斛栽培群体的样品进行多糖、生物碱、微量元素等多指标的检测,检测结果显示不同的种质起到调控铁皮石斛的形态特征的作用,对铁皮石斛总生物碱含量影响极大,其中人工栽培的栽培环境、基质与基地管理完全不同的不同种质铁皮石斛样品,总生物碱含量的差异主要与不同种质的遗传物质有关;试验数据表明相同种质、产区的不同生长年限的铁皮石斛药材样品的生物碱含量与生长年限呈正相关性,其中2年生与3年生的铁皮石斛总生物碱平均含量增加差值较2年生与1年生的总生物碱平均含量差值大;除种植、生长年限的影响外,不同地区的铁皮石斛生物碱的差异也很明显,云南产地的1年生铁皮石斛总生物碱含量(0.034%)明显高于浙江产地的1年生铁皮石斛(0.025%),地理环境的影响可能导致了这种含量之间明显的差异;比较不同种植年限的人工栽培铁皮石斛和目前市面上售卖的铁皮石斛生物碱质量分数发现,不同批次的铁皮石斛总生物碱含量存在极显著的差异,不同的环境因素、培育条件、种质对铁皮石斛生物碱的积累有关键性的作用,总体上总生物碱的含量在0.019%~0.043%之间。

迄今为止,从铁皮石斛中分离得到生物碱有7种,该类的化学信息见表3,结构见图3^[6,8,23-24,30,36-38]。

1.4 苯丙素类

苯丙素是天然存在的一类苯环与3个直链碳连接为单元(C₆-C₃)构成的化合物,主要包括简单苯丙素及其衍生物、木脂素和香豆素。简单苯丙素及其衍生物、木脂素都是铁皮石斛苯丙素类化合物中含量较高的成分,也是主要导致铁皮石斛药理作用多样性的基础性活性成分之一。李燕^[24]通过传统植物

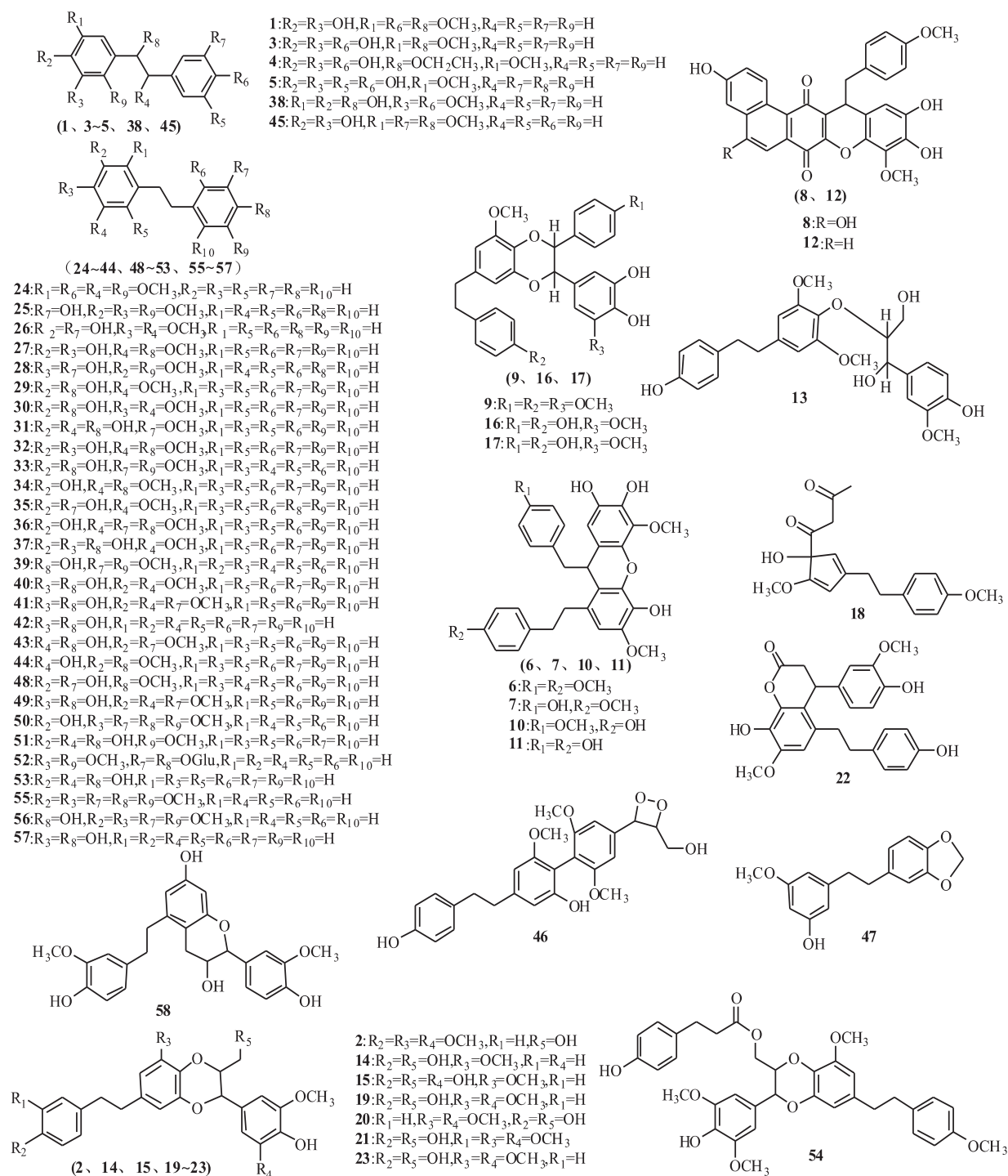


图2 铁皮石斛中联苄类化合物的化学结构

Figure 2 Chemical structures of bibenzyls in *Dendrobium officinale*

化学提取分离的方式,从铁皮石斛中分离、鉴定出4种木脂素,以及对羟基桂皮酸、阿魏酸等多种苯丙素类化合物。王芳菲^[40]在该基础上分离了铁皮石斛中大极性单体化合物13种,其中有2种木脂素,此外还分离、鉴定了化合物沙参苷I和铁皮石斛苷。在此之后,采用制备型高效液相色谱提高了分离化合物的

效率,刘梦曦^[36]采用大孔吸附树脂、正相硅胶、ODS、Sephadex LH-20等色谱柱和制备型高效液相色谱对铁皮石斛的乙醇提取物分离纯化,最终得到了9种化合物,其中8种是苯丙素类化合物。

现有文献记载,铁皮石斛中已分离鉴定出33种简单苯丙素及其衍生物、15种木脂素和3种香豆素,这些化学信息见表4,结构见图4^[6,21-24,26,30,36-40]。

表2 铁皮石斛中联苳类化合物的化学结构

Table 2 Chemical structures of bibenzyls in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	铁皮石斛素 A	Dendrocandin A	30	3,4'-二羟基-4,5-二甲氧基联苳	3,4'-Dihydroxy-4,5-Dimethoxy-bibenzyl
2	铁皮石斛素 B	Dendrocandin B	31	3,4',5-三羟基-3'-甲氧基联苳	3,4',5-Trihydroxy-3'-Methoxy-bibenzyl
3	铁皮石斛素 C	Dendrocandin C	32	3,4-二羟基-5,4'-二甲氧基联苳	3,4-Dihydroxy-5,4'-Dimethoxy-bibenzyl
4	铁皮石斛素 D	Dendrocandin D	33	3,4'-二羟基-3',5'-二甲氧基联苳	3,4'-Dihydroxy-3',5'-dimethoxy-bibenzyl
5	铁皮石斛素 E	Dendrocandin E	34	3-羟基-4',5-二甲氧基联苳	3-Hydroxy-4',5-dimethoxybibenzyl
6	铁皮石斛素 F	Dendrocandin F	35	山药素 III	Batatasin III
7	铁皮石斛素 G	Dendrocandin G	36	-	Dendrosinen B
8	铁皮石斛素 H	Dendrocandin H	37	3,4,4'-三羟基-5-甲氧基联苳	3,4,4'-Trihydroxy-5-methoxy-bibenzyl
9	铁皮石斛素 I	Dendrocandin I	38	(S)-3,4,α-三羟基-5,4'-二甲氧基联苳	(S)-3,4,α-Trihydroxy-5,4'-dime-thoxybibenzyl
10	铁皮石斛素 J	Dendrocandin J	39	4'-羟基-3',5'-二甲氧基联苳	4'-Hydroxy-3',5'-dimethoxybibenzyl
11	铁皮石斛素 K	Dendrocandin K	40	4,4'-二羟基-3,5-二甲氧基联苳	4,4'-Dihydroxy-3,5-dimethoxy-bibenzyl
12	铁皮石斛素 L	Dendrocandin L	41	杓唇石斛素	Moscatilin
13	铁皮石斛素 M	Dendrocandin M	42	4,4'-二羟基联苳	4,4'-Dihydroxybibenzyl
14	铁皮石斛素 N	Dendrocandin N	43	4',5-二羟基-3,3'-二甲氧基联苳	4',5-Dihydroxy-3,3'-dimethoxy-bibenzyl
15	铁皮石斛素 O	Dendrocandin O	44	5-羟基 3,4'-二甲氧基联苳	5-Hydroxy 3,4'-dimethoxybibenzyl
16	铁皮石斛素 P	Dendrocandin P	45	-	Nobilin A
17	铁皮石斛素 Q	Dendrocandin Q	46	-	6"-de-O-methyl dendrofindlaphenol A
18	铁皮石斛素 R	Dendrocandin R	47	Densiflorol A	Densiflorol A
19	铁皮石斛素 U	Dendrocandin U	48	5-(3-羟基苯基)-2-甲氧基苯酚乙基	5-(3-Hydroxyphenyl)-2-methoxyphenol ethyl
20	铁皮石斛素 S	Dendrocandin S	49	4-(4-羟基苯乙基)-2,6-二甲氧基苯酚	4-(4-Hydroxyphenethyl)-2,6-dime-thoxyphenol
21	铁皮石斛素 T	Dendrocandin T	50	毛兰素	Erianin
22	铁皮石斛素 X	Dendrocandin X	51	-	Tristin
23	铁皮石斛素 Y	Dendrocandin Y	52	-	Dendromonilside E
24	2,2',5,5'-四甲基-1,1'-联苳	2,2',5,5'-Tetramethyl-1,1'-bibenzyl	53	二氢白黎芦醇	Dihydroresveratrol 3-O-glucoside
25	3-甲氧基石斛酚	3-Methoxystrobinol	54	-	Denofficin
26	3,3'-二羟基-4,5-二甲氧基联苳	3,3'-Dihydroxy-4,5-Di-methoxybibenzyl	55	-	Chrysotobibenzyl
27	3,4-二羟基-5,4'-二甲氧基联苳	3,4-Dihydroxy-5,4'-Di-methoxybibenzyl	56	-	Chrysotoxine
28	3',4-二羟基-3,5'-二甲氧基联苳	3',4-Dihydroxy-3,5'-dimethoxybibenzyl	57	-	Dendrocanol
29	3,4'-二羟基-5-甲氧基联苳	3,4'-Dihydroxy-5-me-thoxybibenzyl	58	-	Trigonpol B

表 3 铁皮石斛中生物碱的化学结构

Table 3 Chemical structures of alkaloids in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	N-P-香豆酰酪胺	p-Coumaroyltyramine	5	-	Spermidine
2	二氢阿魏酰酪胺	Dihydro-feruloyltyramine	6	-	3,5-Dimethoxy- Phenethylamines
3	对羟基苯丙酰酪胺	p-Hydroxyphenylpropionyl tyramine	7	2-羟基苯并噻唑	2-Benzothiazolol
4	顺式阿魏酸酐对羟基苯乙胺	N-(cis-Feruloyl) tyramine			

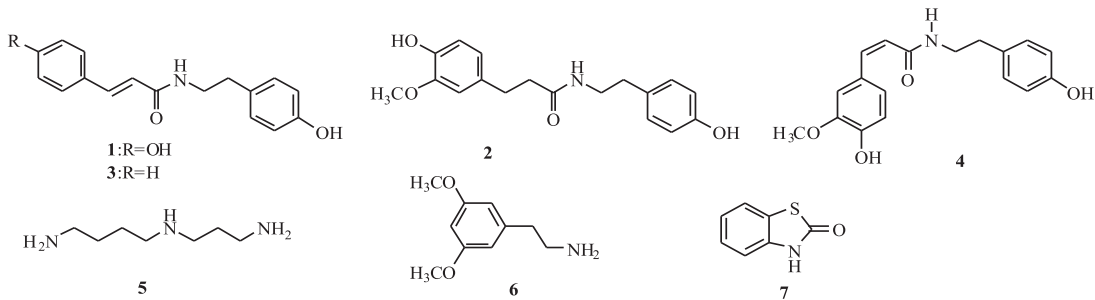


图 3 铁皮石斛中生物碱的化学结构

Figure 3 Chemical structures of alkaloids in *Dendrobium officinale*

表 4 铁皮石斛中苯丙素类化合物的化学结构

Table 4 Chemical structures of phenylpropanoids in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	4-羟基肉桂酸	4-Hydroxycinnamic acid	27	4-羟基-3,5-二甲氧基反式肉桂醛	4-Hydroxy-3,5-dimethoxy-trans-cinnamaldehyde
2	2-羟基肉桂酸	2-Hydroxycinnamic acid	28	3-羟基-4,5-二甲氧基苯丙酮	3-Hydroxy-4,5-dimethoxy-propiophenone
3	(Z)-4-羟基肉桂酸	(Z)-4-Hydroxycinnamic acid	29	4-羟基-3-甲氧基苯丙酮	4-Hydroxy-3-methoxypropiophenone
4	对羟基苯丙酸	3-(4-Hydroxyphenyl) propionic acid	30	沙参苷 I	Shashenoside I
5	阿魏酸	Ferulic Acid	31	灯盏花苷 2	Erigeside 2
6	1-O-p-阿魏酰基-β-D-吡喃葡萄糖苷	1-O-p-Feruloyl-β-D-glucopyranoside	32	3',4-二羟基-3,5'-二甲氧基二苯乙烯	3',4-Dihydroxy-3,5'-dimethoxystilbene
7	绿原酸	Chlorogenic acid	33	铁皮石斛苷	Dendroboside
8	-	Coniferyl p-coumarate	34	裂异落叶松脂醇	Secoisolariciresinol
9	-	Sinapyl p-coumarate	35	(7S, 8S, 8'R)-落叶松脂素	(7S, 8S, 8'R)-Larici-resinol
10	-	Arillatose B	36	-	(+)-Lyoniresin-3a-O-β-D-glucopyranoside
11	-	Tinosporaic acid A	37	-	Icariol A2-4-O-B-D-glucopyranoside
12	反式阿魏酸二十八烷基酯	Diocetadecyl transferulate	38	广玉兰赖宁苷	Magnolenin

续表4 Continued table 4

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
13	对羟基顺式肉桂酸三十烷基酯	Tricyl p-hydroxycis-cinnamate	39	(8S, 7'R, 8'S)-5,5'-二甲氧基-落叶松脂素	(8S, 7'R, 8'S)-5,5'-Dimethoxy-lariciresinol
14	对羟基反式肉桂酸三十烷基酯	Tricyl p-hydroxy-trans-cinnamate	40	-	Officinalioside
15	对羟基苯丙酸乙酯	Ethyl p-hydroxyphenylpropionate	41	-	Conicaoside
16	反式-3,4,5-三甲氧基肉桂醇	Trans-3,4,5-Trime-thoxycinnamyl alcohol	42	(7R, 8S, 7'R, 8'S)-丁香树脂酚-4-O-β-D-葡萄糖苷	(7R, 8S, 7'R, 8'S)-Syrin-garesinol-4-O-β-D-glucopyranoside
17	紫丁香苷	Syringin	43	丁香脂素 4,4'-双氧葡萄糖苷	Syringaresinol-4,4-O-bis-β-D-glucoside
18	-	(6S, 9S)-6-Hydroxy-3-oxo-α-ionol	44	(7R, 8S, 7'R, 8'S)-丁香酯素	(7R, 8S, 7'R, 8'S)-Syrin-garesinol
19	-	ω-Hydroxypropionigaione	45	(±)-松脂素	Pinoresinol
20	松柏醇	Coniferyl alcohol	46	松脂素-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	Pinoresin-4-O-β-D-glucopyranoside
21	二氢松柏醇	Dihydroconiferyl alcohol	47	-	Medioresil
22	(1'R)-1'-(4-羟基-3,5-二甲氧基苯基)-1-丙醇-4-O-β-D-葡萄糖苷	(1'R)-1'-(4-Hydroxy-3,5-dimethoxyphenyl)-1-propanol-4-O-β-D-glucoside	48	-	Moellenoside A
23	-	(E)-3-(3,4,5-Trime-thoxyphenyl) propenal acetate	49	7-甲氧基香豆素-6-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	7-Methoxycoumarin-6-O-β-D-glucopyranoside
24	-	3,4,5-Trimethoxy ben-zenepropanol acetate	50	枸橼苦素 C	7-[(3,3-Dimethyloxiran-2-yl)methoxy]-8-[(3,3-dimethyloxiran-2-yl)methyl]-2H-1-benzopyran-2-one
25	-	3',4',5'-Trimethoxy-cinnamyl alcohol	51	格链孢醇	3,7,9-Trihydroxy-1-methyl-benzo[c]chromen-6-one
26	-	β-Hydroxy propiovanillone			

1.5 萜类

萜类化合物是异戊二烯(C₅H₈)首尾相连的聚合物,基本骨架一般以五个碳为基本单元,铁皮石斛中一类分布广泛、骨架庞杂、种类繁多,具有显著生物活性的天然产物。萜类化合物大部分以挥发油形式存在于铁皮石斛的次生代谢产物中,能够起到抗炎、抗菌、抗肿瘤等作用。铁皮石斛中分离得到的萜类化合物主要有单萜,倍半萜,四环三萜和五环三萜,其中四环三萜的化合物种类最丰富,胡萝卜苷、β-谷甾醇是其中有代表性的萜类化合物,

2009年李燕^[24]通过大孔树脂、柱色谱硅胶、柱色谱凝胶、薄层色谱硅胶板、HPLC液相色谱、NMR和MS分离、纯化、鉴定出四环三萜类化合物胡萝卜苷、β-谷甾醇。

从铁皮石斛中分离得到的萜类化合物具体化合物信息见表5,结构见图5^[21,24-25,30,36-37,41-42]。

1.6 醌类

醌类化合物是一类分子中具有不饱和环二酮或容易转变成这样结构的天然有机化合物。铁皮石斛中分离鉴定得到的醌类化合物较少,目前只分离了5

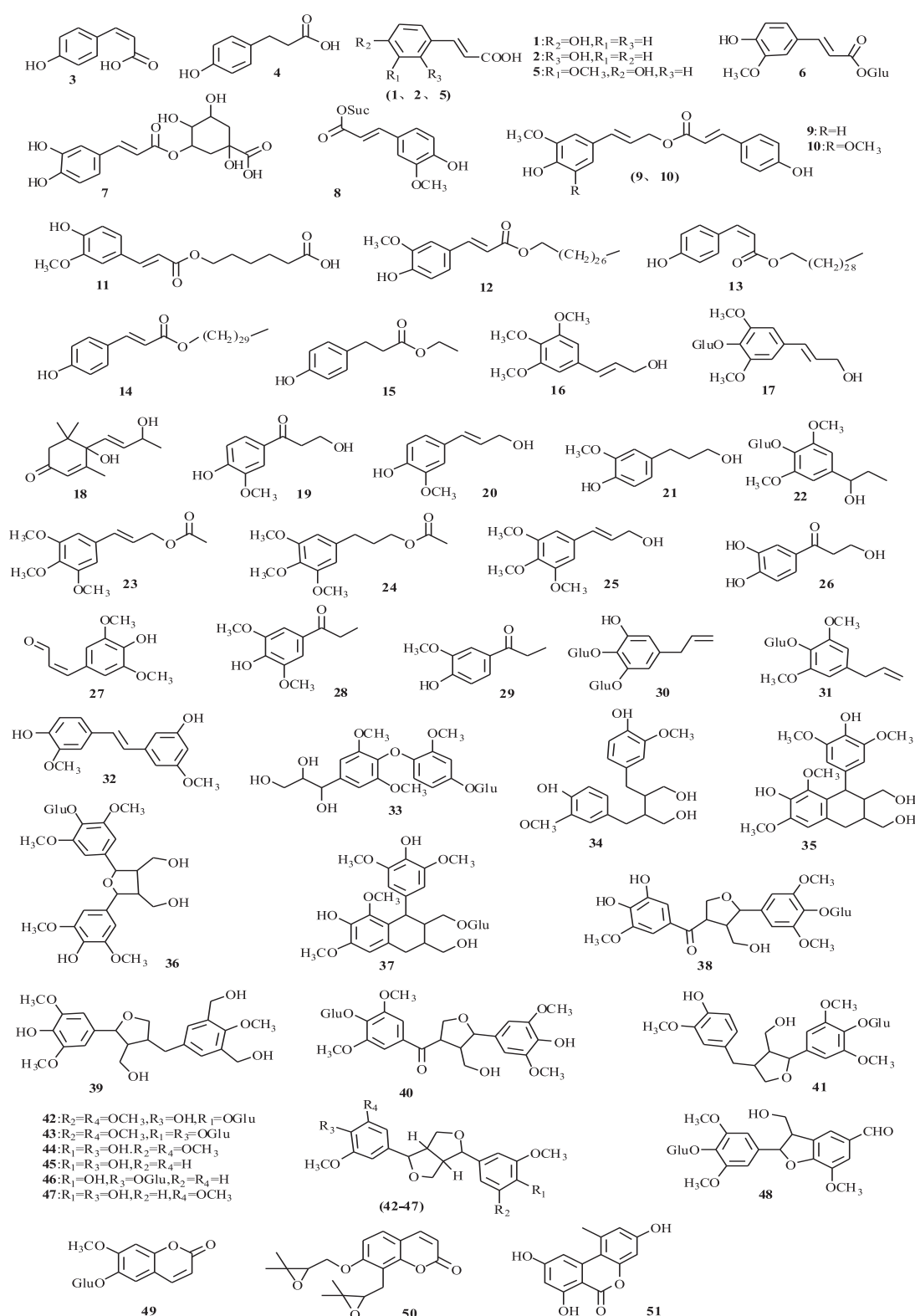


图4 铁皮石斛中苯丙素类化合物的化学结构

Figure 4 Chemical structures of phenylpropanoids in *Dendrobium officinale*

种化合物,主要骨架是是对苯醌和菲醌类,其中菲醌类化合物的种类是4种,在醌类化合物中占比最高,铁皮石斛醌类化合物的化学信息见表6,结构见图6^[9,22,24,40]。

1.7 菲类

菲是一种含有三个苯环的稠环芳烃,菲的三个环的中心不在一条直线上,是蒽的同分异构体。铁皮石斛中菲类化合物种类多样,含量丰富,dendro-

表5 铁皮石斛中萜类化合物的化学结构

Table 5 Chemical structures of terpenoids in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	洋地黄内酯	Digiprolactone	9	-	(3S, 5R, 6R, 7E, 9S)-3,5,6,9-Tetrahydroxy-7-megastigmenone
2	钩状石斛素	Aduncin	10	-	(6R, 9S)-9-Hydroxy-megastigma-4,7-dien-3-one-9-O-β-D-glucopyranoside
3	-	Dictamnaside A	11	-	(3R, 9R)-9-O-β-D-Glucopyranosyl-3-hydroxy-7,8-didehydr-O-β-ionol
4	胡萝卜苷	Eleutheroside A	12	-	Cyclomargenol
5	β-谷甾醇	β-Sitosterol	13	3β,25-二羟基-23-烯-环菠萝蜜烷	3β,25-Dihydroxy-23-ene-cyclopinacrol
6	β-谷甾醇-3-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	β-Sitosterol-3-O-β-D-glucopyranoside	14	儿茶酚	Catechol
7	豆甾-5-烯-3β-醇-7-酮	Stigmast-5-en-3β-ol-7-one	15	6,9-环氧麦角甾-7,22-二烯	6,9-Epoxy-ergosta-7,22-dien-3-ol
8	22,23-二氢豆甾醇	22,23-Dihydro-sitosterol			

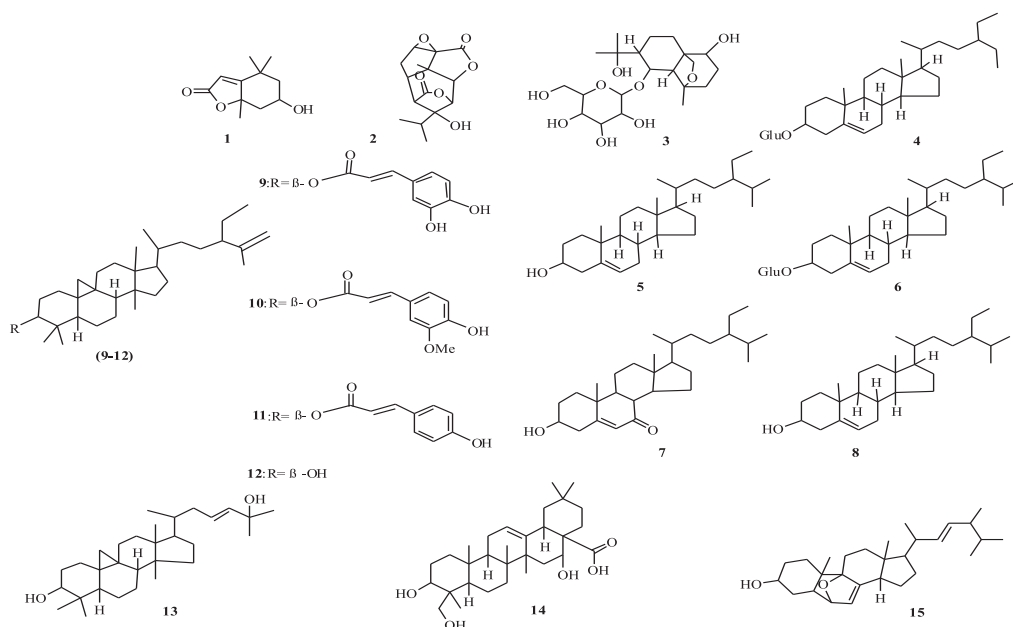


图5 铁皮石斛中萜类化合物的化学结构

Figure 5 Chemical structures of terpenoids in *Dendrobium officinale*

candin P1、dendrocandin P2、毛兰菲是铁皮石斛菲类化合物中有代表性的化合物。与其他试验采用铁皮石斛茎、叶、花分离化合物不同,李榕生^[44]以铁皮石斛根为原料,从铁皮石斛根茎乙醇提取物中经大孔吸附树脂 AB-8、反相硅胶 RP-8、葡聚糖凝胶柱、柱

色谱硅胶、薄层色谱硅胶 GF₂₅₄、聚酰胺薄膜、核磁共振仪、红外光谱仪、紫外光谱仪、质谱仪分离、纯化、鉴定得到 6 种菲类化合物。

目前铁皮石斛中已分离出的铁皮石斛菲类化合物的化学信息如表 7, 结构如图 7^[21,22-24,38,40,43-44]。

表 6 铁皮石斛中醌类化合物的化学结构

Table. 6 Chemical structures of quinones in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	2,6-二甲氧基环己烷-2,5-二烯-1,4-二酮	2,6-Dimethoxycyclohexane-2,5-diene-1,4-dione	4	-	9,10-Dihydro-7-hydroxy-5-methoxy-1,4-phenanthrenedion
2	-	Denbinobin	5	-	Denbinobin B
3	Densiflorol B	Densiflorol B			

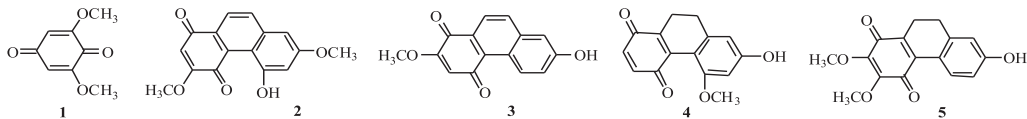


图 6 铁皮石斛中醌类化合物的化学结构

Figure 6 Chemical structures of quinones in *Dendrobium officinale*

表 7 铁皮石斛中菲类化合物的化学结构

Table 7 Chemical structures of phenanthrenes in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	-	Dendrocandin P1	9	2,5-二羟基-3,4-二甲氧基菲	2,5-Dihydroxy-3,4-dimethoxyphenanthrene
2	-	Dendrocandin P2	10	3,5-二羟基-2,4-二甲氧基菲	3,5-Dihydroxy-2,4-dimethoxyphenanthrene
3	毛兰菲	Confusarin	11	-	Erianthridin
4	4-甲氧基菲-2,5-二醇	Moscatin	12	-	Ephemeranthol A
5	鼓槌菲	Chrysotoxene	13	-	Orchinol
6	2,4,7-三羟基-9,10-二氢菲	2,4,7-Trihydroxy-9,10-dihydrophenanthrene	14	4,4',7,7'-四羟基-2,2',8,8'-四甲氧基-1,1'-二苯并茚	4,4',7,7'-Tetrahydroxy-2,2',8,8'-tetramethoxy-1,1'-dibenzopyrene
7	2,7-二羟基-3,4-二甲氧基菲	2,7-Dihydroxy-3,4-dimethoxyphenanthrene	15	-	9,10-Dihydro-4-methoxy-2,5-phenanthrenediol
8	2,3,4,7-四甲氧基菲	2,3,4,7-Tetramethoxyphenanthrene			

1.8 核苷类

核苷类化合物是铁皮石斛中很重要的一类化合物,李燕^[24]通过传统的植物化学提取分离方法,结合现代波谱学、色谱学方法从铁皮石斛药材中分离、纯

化、鉴定出化合物腺苷、尿苷、鸟苷。与传统的植物化学不同的是,刘峻麟^[48]采用UHPLC-QTRAP-MS/MS技术测定9批不同品种石斛,发现不同石斛品种核苷类成分含量有较大差异,鸟苷、腺苷、胞苷

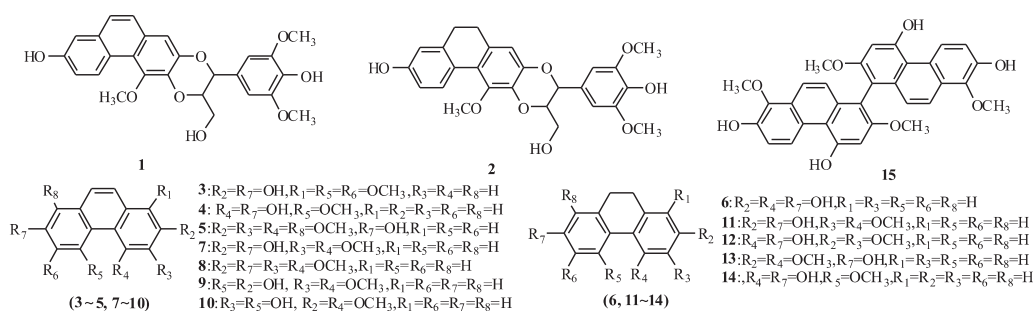


图7 铁皮石斛中菲类化合物的化学结构

Figure 7 Chemical structures of phenanthrenes in *Dendrobium officinale*

表8 铁皮石斛中核苷类化合物的化学结构

Table 8 Chemical structures of Nucleosides in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	尿苷	Uridine	5	黄嘌呤	Xanthine
2	腺苷	Adenosine	6	尿素	Urea
3	肌苷	Inosine	7	鸟苷	Guanosine
4	尿嘧啶	Uracil	8	胸腺嘧啶脱氧核苷	Thymidine deoxyriboside

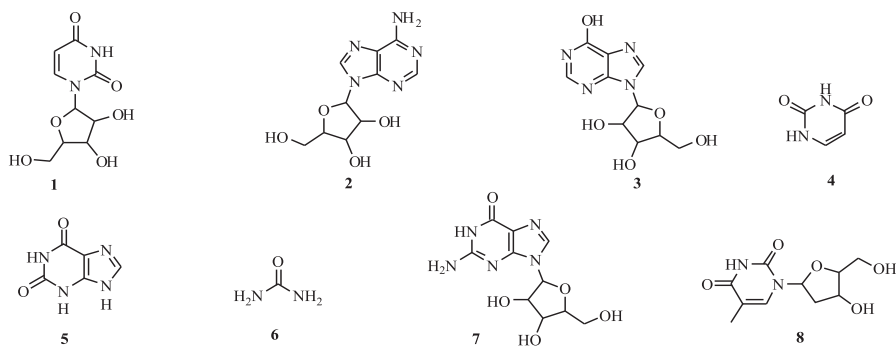


图8 铁皮石斛中核苷类化合物的化学结构

Figure 8 Chemical Structures of Nucleosides in *Dendrobium officinale*

是铁皮石斛核苷类化合物中含量较高的化合物,含量分别为111.800、92.660、74.170 $\mu\text{g/g}$ 成分。

截止2023年,已从铁皮石斛中分离出核苷类化合物,详细的化学信息见表8,结构见图8^[8,24,39,48]。

1.9 挥发油类

挥发油是铁皮石斛中具有挥发性、可随水蒸气蒸馏,具有芳香气味油状液体的总称,其组分复杂,含量丰富,包括醛类、醇类、酯类、酮类、烷烃与芳香烃及其衍生物。铁皮石斛不同部位均含有挥发油,但同一植株不同部位的得率和化学成分有明显差别;同时由于品种、栽培模式、收获时间、储存时间、

干燥方法、提取方法等的差异和不同地区季节、气候、海拔、土壤等因素的影响,铁皮石斛挥发油的得率和化学成分也不尽相同。霍昕^[45]利用GC-MS测定有机溶剂-水蒸气蒸馏法提取的挥发油,与参考文献和标准质谱图库检索核对、最终鉴定出壬醛等化合物,其中花中壬醛含量占比可达9.210%。铁皮石斛全株药材与试管苗的挥发油组分也有不同,付涛^[49]采用GC-MS法比较铁皮石斛试管苗不同部位中挥发油的成分发现,铁皮石斛试管苗的根与茎中挥发油的组分及含量略有差异,根中挥发油的组分含量依次为酯类、萜烯类、烷烃类和醇类,含量分别

为 12.480%、4.310%、4.130%、2.410%，其他组分含量为 12.180%；茎中含量最高的为醇类 20.660%，其次为萜烯类 12.270%，然后是酯类 6.070%，烷烃类

2.260%，其他组分含量仅占 5.250%。

目前分离的铁皮石斛挥发油类化合物的化学信息见表 9^[18,21,23-24,27,30,37,39,45-46]。

表 9 铁皮石斛中挥发油类化合物的化学结构

Table 9 Chemical structures of volatile oils in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	丁香酸	Syringic acid	17	-	(E)-Pentacos-7-ene
2	丁香醛	Syringaldehyde	18	-	(Z)-3-Hexenol
3	香草酸	Vanillic acid	19	十七烷酸	Heptadecanoic acid
4	香草醇	4-Hydroxy-3-methoxy-benzyl alcohol	20	三十六烷酸	Tridecanoic acid
5	香草醛	Vanillin	21	三十一烷醇	Trigonelline
6	原儿茶酸	Protocatechuic acid	22	二十七烷醇	Ditetradecanol
7	对羟基苯甲酸	p-Hydroxybenzoic acid	23	壬醛	Nonyl aldehyde
8	2,5-二羟基苯甲酸	2,5-Dihydroxybenzoic acid	24	十一烷	Undecane
9	对羟基苯甲醛	p-Hydroxybenzaldehyde	25	十七烷	Heptadecane
10	水杨酸	Salicylic acid	26	正二十三烷	n-Eicosatriene
11	1,3-苯二酚	1,3-Benzenedione	27	正三十一烷	n-Triacontane
12	5-羟甲基糠醛	5-Hydroxymethylfurfural	28	对羟基苯乙酮	p-Hydroxyacetophenone
13	1-棕榈醇	1-Hexadecanol	29	对羟基苯酚	p-Hydroxyphenol
14	棕榈酸	Palmitic acid	30	十八碳癸二烯酸-2,3-二羟基丙酯	2,3-Dihydroxypropyl octadecadienoate
15	2-甲基-萘	2-Methylnaphthalene	31	(+)-(4S)-(2E)-4-羟基-2-壬烯酸	(+)-(4S)-(2E)-4-Hydroxy-2-nonenic acid
16	反式-香叶基丙酮	Geranylacetone	32	-	Malic acid

1.10 其它类化学化合物

据文献报道,铁皮石斛中化合物种类丰富,除上述化合物外,还有其它类化合物,包括李燕^[24]从铁皮石斛中分离鉴定的内酯化合物 koaburaside、以及一些糖苷类化合物,具体化学信息见表 10,结构见图 9^[23-24,26,30,39,42,47-51]。

1.11 氨基酸、微量元素

除以上几种化合物外,铁皮石斛中氨基酸和微量元素含量也很丰富,其中氨基酸有 20 种,人体必需氨基酸有 8 种,微量元素有 22 种。其中铁皮石斛的叶和茎均含有 17 种氨基酸,花中含有 15 种氨基酸。氨基酸也是铁皮石斛的活性成分之一,是铁皮石斛发挥药效、调节口感的重要物质基础,吕素华^[51]测定

不同杂交家系铁皮石斛花的总氨基酸平均质量分数为 7.880%,其中包括 16 种氨基酸。何铁光等^[51]研究发现铁皮石斛野生品含有 17 种氨基酸,氨基酸总含量可达 133.100 mg/g,其中 37.900% 是人体必需氨基酸。目前从铁皮石斛中分离的主要有缬氨酸、异亮氨酸、甲硫氨酸、赖氨酸、色氨酸、天冬氨酸、甘氨酸、苏氨酸、丝氨酸、组氨酸、苏氨酸、亮氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、精氨酸、谷氨酸、半胱氨酸、脯氨酸、酪氨酸和肌氨酸^[18,31,40,46,51-52];诸燕^[54]测得浙江产 1~3 年生铁皮石斛药材中金属元素的平均质量分数分别为钾 1 205.230 mg/kg、钙 766.820 mg/kg、镁 158.250 mg/kg、锰 31.060 mg/kg、锌 4.280 mg/kg、铬 8.280 mg/kg、铜 0.970 mg/kg,其中砷、汞、铜含量符合《药

表10 铁皮石斛中其他类化合物的化学结构

Table. 10 Chemical structures of other compounds in *Dendrobium officinale*

序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name	序号 Number	中文名 Chinese name	英文名 English name
1	-	Koaburaside	10	3,4,5-三甲氧基苯-1-O-β-D-吡喃葡萄糖苷	3,4,5-Trimethoxybenzene-1-O-β-D-glucopyranoside
2	-	Peroxiatractylene- lide III	11	3,5-二甲氧基-4-羟基苯基-1-O-β-D-葡萄糖苷	3,5-Dimethoxy-4-hydroxyphenyl-1-O-beta-D-glucoside
3	-	Urticifolene	12	4-羟基-2,6-二甲氧基苯基葡萄糖苷	4-Hydroxy-2,6-dimethoxyphenyl-glucopyranoside
4	-	Auriculatum A	13	4-羟甲基-2,6-二甲氧基苯基-β-D-吡喃葡萄糖苷	4-Hydroxymethyl-2,6-dimethoxyphenyl-β-D-glucopyranoside
5	-	Glaberide I 4-O-β-D-glucopyranoside	14	4-烯丙基-2,6-二甲氧基苯基葡萄糖苷	4-Allyl-2,6-dimethoxyphenyl glucoside
6	-	Chromcinale	15	4-(β-D-吡喃葡萄糖基)苄醇	4-(β-D-Glucopyranosyl)benzyl alcohol
7	-	Leonuride C	16	4-(3'-羟丙基)-2,6-二甲氧基苯酚-3'-O-β-D-葡萄糖苷	4-(3'-Hydroxypropyl)-2,6-dimethoxyphenol-3'-O-β-D-glucoside
8	-	Phenyl β-D-glucoside	17	2-甲氧基苯基-1-O-β-D-芹糖-(1→2)-β-D-葡萄糖苷	2-Methoxyphenyl-1-O-β-D-apiosyl-(1→2)-β-D-glucoside
9	-	2,6-Dimethoxyphenyl-β-D-glucopyranoside	18	3,4,5-三甲氧基苯基-1-O-β-D-芹糖-(1→2)-β-D-葡萄糖苷	3,4,5-Trimethoxyphenyl-1-O-β-D-apiosyl-(1→2)-β-D-glucopyranoside

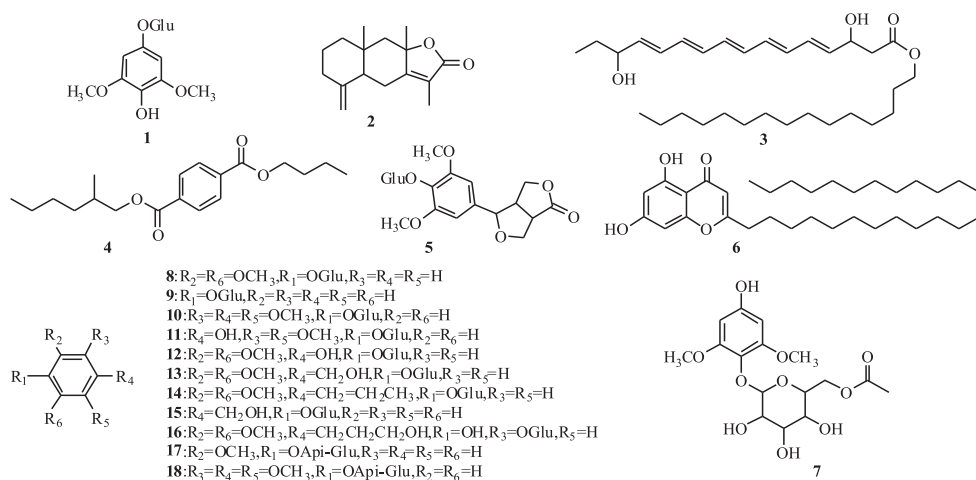


图9 铁皮石斛中其他类化合物的化学结构

Figure 9 Chemical structures of other compounds in *Dendrobium officinale*

用植物及制剂外经贸绿色行业标准》。且试验结果表明,同一产地、栽培环境、栽培基质与基地管理相同的药材样品种质,该试验测定的11种金属元素含量不存在相关性,差异显著,通过优良品种的选育有

助于降低铁皮石斛中有害金属元素的吸收、富集。已发表文献中检测确定的微量元素有钾、磷、钠、铝、锰、铜、钡、镍、铬、砷、铅、钙、镁、铁、硼、锶、锂、硒、锌、镉、汞和钴^[18,40,46,51-54]。

2 药理作用

铁皮石斛是中国传统药食兼用植物资源,药用价值较高,毒副作用小,受到广泛关注。近年来,随着铁皮石斛的应用范围越来越广,中国、日本、韩国等国家已对铁皮石斛进行了研究,由于铁皮石斛入药部位主要为茎部,目前对其药理活性的研究也主要集中在茎上,主要有抗氧化^[55]、抗疲劳^[56]、抗肿瘤^[43,57]、降血压^[58-59]、降血脂^[60]、降血糖^[61]、抗炎^[62]、调节心血管系统^[63]、预防骨质疏松^[64-65]、缓解便秘^[66-67]、护肝保肾^[68]、缓解干眼症^[69,70]、干预抑郁症^[71]、治疗皮肤病^[72]等多种药理活性。

2.1 抗氧化

铁皮石斛的多糖和黄酮含量丰富,抗氧化能力显著。不同烘干温度、栽培模式、生长年限、保存条件会影响铁皮石斛多糖的产率,多糖质量浓度与自由基的清除能力也存在剂量效应,进而影响铁皮石斛的抗氧化活性,如杀青处理后的铁皮石斛叶抗氧化能力更强,因为高温杀青降低氧化酶、多酚氧化酶的活性,加强了氧化活性较强的黄酮和花色苷类化合物^[73]。铁皮石斛原球茎粗多糖的体外抗氧化活性实验表明铁皮石斛原球茎多糖能明显抑制羟基自由基和 $O_2^{\cdot-}$,具有较强的抗氧化活性^[74]。

2.2 抗衰老、疲劳

铁皮石斛可显著延长小鼠负重游泳时间,提高肝糖原和肌糖原含量,降低血清中尿素和乳酸的含量,有显著的抗疲劳作用。铁皮石斛榨汁液及多糖可以改善小鼠肝、肾、肺等重要器官的衰老进程,有辅助改善衰老记忆的作用^[63,75]。铁皮石斛多糖(DOP)可以延缓秀丽线虫的衰老,提高运动能力^[76]。也可以减缓氧化损伤过程,从而延长果蝇寿命^[77]。多项研究证明铁皮石斛可通过提高过氧化氢酶、超氧化物歧化酶的活性,降低丙二醛、活性氧浓度,进而影响细胞氧化应激平衡降低氧化损伤,继而延缓细胞衰老。

2.3 调节免疫

铁皮石斛能抑制肿瘤坏死因子TNF- α 诱导的细胞凋亡进而影响炎症反应,通过促进核因子(NF- κ B)的易位和蛋白的降解,可以诱导免疫应答、生存和凋亡功能相关的基因和蛋白质表达^[62,65]。对慢性

炎症性肺疾病中分泌囊泡的数量和肿胀大小也有缓解作用^[78-79]。铁皮石斛通过抑制骨髓分化因子和肿瘤坏死因子受体mRNA和蛋白质在细胞中的表达,发挥抗炎作用改善酒精性肝损伤的炎症,从而保护小鼠免受乙醇诱导的肝损伤,对缓解急性结肠炎继发性肝损伤也有很好的缓解作用^[80]。铁皮枫斗和西洋参联用能提高小鼠的细胞和体液免疫功能,增强巨噬细胞吞噬功能和免疫调节功能^[81]。铁皮枫斗颗粒有保护免疫及造血功能^[82]。

2.4 抗肿瘤

铁皮石斛通过降低大鼠体内的甜菜碱(β -catenin)的基因表达水平可以实现抗氧化、抗肿瘤的作用^[83]。黄酮类化合物异佛莱心苷在治疗晚期转移性肝细胞癌方面起着重要作用,新西兰牡荆苷II,能抑制肝癌HepG 2细胞增殖^[57]。Gigantol是从铁皮石斛中分离出来的联苕化合物,通过抑制乳腺癌细胞的增殖,增强细胞凋亡,加强抗癌效果,在临床治疗肝细胞癌上有广泛的应用前景^[84]。

2.5 降血糖

Zheng^[85]研究发现铁皮石斛的水提取物的降糖作用可能与糖原合成增加、能量和氨基酸代谢上调以及氧化应激防御有关。在豚佐菌素诱导的糖尿病心肌病小鼠模型中能显著抑制氧化应激、脂质积累、炎症反应和心肌纤维化,减轻糖尿病心肌病小鼠的心脏损伤,降低炎症反应,发挥心肌保护作用^[63,86]。表明铁皮石斛可以促进糖原、能量代谢,降低血糖水平,铁皮枫斗胶囊与西药格列吡嗪合用,比两药单用更能显著地降低高血糖小鼠的血糖^[87]。

2.6 保肝护胃

铁皮石斛可逆转体内和体外的胃粘膜上皮细胞(GES-1)的凋亡,降低胃粘膜损伤^[53]。铁皮石斛多糖通过增强抗氧化系统来保护肝脏。通过改善抗炎因子的表达,影响细胞凋亡来维持肠道的平衡,减轻肝间质广泛的纤维组织增生^[32,88-89]。通过TLR4/NF- κ B信号通路在体内和体外保护乙醇诱导的急性肝损伤^[90]。

2.7 其他药理作用

2.7.1 治疗皮肤病 卢秋静等^[72]建立小鼠光损伤皮肤模型,模拟日光紫外线照射的试验研究表明,通过降低活性氧自由基,降低胶原纤维、蛋白的分解,提高抗氧化能力,进而缓解皮肤光损伤,促进皮肤新

陈代谢、减少色素沉着。金黄色葡萄球菌、白色念珠菌会引起皮炎,铁皮石斛多糖处理后表现出显著的抑制作用^[91]。铁皮石斛原球茎有缓解皱纹和红斑,防止皮肤干燥,抗光老化作用的作用^[53,92]。

2.7.2 抗辐射、防脱毛 王崇道^[93]发现铁皮枫斗能抑制骨髓有核细胞凋亡、促进骨髓造血功能恢复,增加脾脏代偿性增殖能力的作用。铁皮石斛与多种药材如藻蓝蛋白合用可增强小鼠抗辐射能力,促进造血功能,缓解脱毛现象^[94-95]。其中铁皮石斛与西药米诺地尔的促毛发生长的作用机制相似,对防止脱发有积极治疗意义^[96]。

2.7.3 缓解便秘 铁皮石斛与西洋参混合物可作为一种调节肠道微生物群的复合中药制剂,调节胃肠道细菌的丰度、种类和差异性,改善肠道微生物群的稳态平衡,防止肠道失衡,促进排便,改善便秘^[97]。铁皮石斛对苯氧酸钠致便秘小鼠的通便作用的试验表明,铁皮石斛可显著提高胃肠道传输率、血清乙酰胆碱酯酶、胃泌素和胃动素水平,生长抑素含量降低,促进肠道蠕动,有减轻便秘的作用^[11]。Li^[98]发现铁皮石斛多糖可能通过调节肠道微生物产生短链脂肪酸,改善肠道微生物的比例,从而改善大肠健康。铁皮石斛水提醇沉法提取物降低了有害菌群的丰度,促进有益菌群的增殖,通过短链脂肪酸修复肠道黏膜,从而表明铁皮石斛具有类益生元作用^[99]。

2.7.4 治疗抑郁症 Zhu^[71]在有类似抑郁的行为的小鼠体内发现,口服铁皮石斛花乙醇提取物可以增加蔗糖消耗,减少不动时间,减轻小鼠的抑郁行为。

2.7.5 预防骨质疏松 随着人口的老龄化,骨质疏松的治疗仍然有巨大空白。氧化应激促进了骨髓干细胞(BMSCs)的成脂作用。骨髓干细胞分化为脂肪细胞而非成骨细胞,导致骨髓脂肪组织的积累,骨丢失增强,损伤骨形成。铁皮石斛可显著增加老年小鼠的骨量,减少骨髓脂肪组织,减弱骨丢失,增加成骨分化,抑制成脂分化,可以实现逆转骨质疏松。成为骨质疏松症潜在的潜在药物^[100]。

2.7.6 治疗肥胖 铁皮石斛富含黄酮类化合物,其中夏佛托苷、异夏佛托苷、牡荆素-2"-O-葡萄糖苷、新西兰牡荆苷 II、山奈酚 3-O- β -葡萄糖苷、柚皮素等可抑制胰脂肪酶抑制脂质吸收,治疗肥胖^[101]。

4 结语

铁皮石斛作为传统中药在我国的应用历史十分悠久,《本草纲目》《神农本草经》等多本古籍中均有记载,是一种重要的药食兼用资源,药用价值高,具有降血压、降血糖、缓解便秘、护肝保肾等多种功效。铁皮石斛在我国分布广泛,医药、食品、化妆品等方面应用广泛有着广阔的发展前景。铁皮石斛化学成分复杂多样,目前已从中发现了 261 种化学成分,其中包括黄酮、联苄、生物碱、苯丙素、萜、菲、核苷、挥发油、氨基酸和微量元素。现有的文献显示,对铁皮石斛的药理研究主要集中于铁皮石斛提取物及其多糖等方面,大部分药理研究着重于抗氧化、抗疲劳、抗肿瘤等作用。

铁皮石斛临床用药对糖尿病、癌症的临床治疗研究较多,并且已取得显著的临床疗效,与其他中成药、西药联用能有效增强临床治疗效果,如铁皮石斛滴眼液与中药内服联合治疗白内障术后干眼有降低眼部炎症、起到抗过敏和抗炎的作用^[102-103]。龙虎山铁皮石斛对 2 型糖尿病患者缓解胰岛功能的临床治疗效果显著,对空腹血糖、糖化血红蛋白的临床降低效果与二甲双胍相当,当两者合用后,临床效果更佳^[104]。在降低患者血压方面,龙虎山铁皮石斛与厄贝沙坦联用可改善高血压患者蛋白尿和血管阻力指数,辅助降低患者血压,明显改善高血压患者的糖尿病肾损伤^[105]。铁皮石斛联合西药(阿司匹林、他汀类、硝酸酯类药物)与单用西药组比较,能显著改善冠心病患者的心绞痛^[106]。铁皮石斛颗粒联合化疗可减轻中老年消化道肿瘤患者化疗不良反应,改善临床症状^[107]。铁皮石斛处方加抗结核类西药可显著改善肺结核患者的免疫损伤,显著增强西药临床治疗效果^[108]。

此外,现代临床试验表明铁皮石斛在临床研究方面的意义重大,前景广阔,以铁皮石斛为原料开发的药剂和保健品产品种类丰富、功能多样,但对发挥药效的化合物以及作用靶点尚不清楚,因此应该对铁皮石斛有效成分、药理作用进行全面、系统的研究,分析其有效成分、作用机制和靶标分子,未来的研究应加强铁皮石斛不同化学成分与药理作用、临床治疗的联系,这将有助于在铁皮石斛与其他中成

药的配伍在临床方面的应用,从而使铁皮石斛在临床治疗方面的应用能够更加全面、准确。随着铁皮石斛药物临床应用的发展,目前对铁皮石斛代谢组学、转录组学的研究较多,但对多组学联用技术的研究较少,未来的研究可采用转录组学、蛋白质组学、代谢组学、脂质组学等多组学联用技术进一步验证铁皮石斛的药理活性、毒理作用、药代动力学等,为铁皮石斛药理研究、新药研发和临床应用提供科学依据。综上所述,未来对铁皮石斛的研究应着眼于多组学联用技术和深入探究其有效成分、作用机制和靶标分子,加强铁皮石斛药品、食品和化妆品等产品的深度开发,完善铁皮石斛的产业发展,以期更好地服务于人类健康事业。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 吴征镒,彭华,李德铎,等. 中国植物志[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [3] 黄泰康,丁志遵,赵守洵,等. 现代本草纲目·上卷[M]. 北京:中国医药科技出版社,2001.
- [4] 尚志钧. 神农本草经校注[M]. 北京:学苑出版社,2008.
- [5] 赵菊润,赵佳琛,王艺涵,等. 经典名方中石斛的本草考证[J]. 中国实验方剂学杂志,2022,28(10):215-228.
- [6] 陈晓梅,王春兰,杨峻山,等. 铁皮石斛化学成分及其分析的研究进展[J]. 中国药学杂志,2013,48(19):1634-1640.
- [7] 李玲,邓晓兰,赵兴兵,等. 铁皮石斛化学成分及药理作用研究进展[J]. 肿瘤药学,2011,1(2):90-94.
- [8] 孙恒,胡强,金航,等. 铁皮石斛化学成分及药理活性研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(11):225-34.
- [9] 严静,蔡易熹,陈燕兰,等. 铁皮石斛茎、叶、花的活性成分及综合利用研究进展[J]. 食品与发酵工业,2021,47(17):299-306.
- [10] 奚航献,刘晨,刘京晶,等. 铁皮石斛化学成分、药理作用及其质量标志物(Q-marker)的预测分析[J]. 中草药,2020,51(11):3097-3109.
- [11] Luo D, Qu C, Zhang Z, et al. Granularity and laxative effect of ultrafine powder of *Dendrobium officinale* [J]. Journal of Medicinal Food, 2017, 20(2):180-188.
- [12] 黎晶晶,李琳,徐柏颐. 一测多评法测定铁皮石斛黄酮类共有成分[J]. 浙江农业科学,2016,57(09):1497-1500.
- [13] 谢鲁灵枫,史明敏,贡小辉,等. 不同产地铁皮石斛主要成分及甲醇提取物HPLC指纹图谱研究[J]. 天然产物研究与开发,2018,30(7):1181-1187.
- [14] Zhang Y, Zhang L, Liu J, et al. *Dendrobium officinale* leaves as a new antioxidant source [J]. Journal of Functional Foods, 2017, 37:400-415.
- [15] Cao H, Ji Y, Li S, et al. Extensive metabolic profiles of leaves and stems from the medicinal plant *Dendrobium officinale* Kimura et Migo [J]. Metabolites, 2019, 9(10):215.
- [16] Zhang X, Zhang S, Gao B, et al. Identification and quantitative analysis of phenolic glycosides with antioxidant activity in methanolic extract of *Dendrobium catenatum* flowers and selection of quality control herb-markers [J]. Food Research International (Ottawa, Ont), 2019, 123:732-745.
- [17] Cheng Y, Nie J, Li J, et al. Synthesis and characterization of core-shell magnetic molecularly imprinted polymers for selective recognition and determination of quercetin in apple samples [J]. Food Chemistry, 2019, 287:100-106.
- [18] 黄彪,何伟,吴建鸿,等. UPLC-MS/MS同时测定铁皮石斛茎、叶、花中酚类组分的含量[J]. 食品科学,2021,42(10):262-268.
- [19] 张小凤,周春花,张龙开,等. 丹霞种、云南广南种铁皮石斛中主要黄酮苷的分离鉴定[J]. 中国实验方剂学杂志,2019,25(1):29-34.
- [20] 周桂芬,吕圭源. 基于高效液相色谱-二极管阵列光谱检测-电喷雾离子化质谱联用鉴定铁皮石斛叶中8种黄酮碳苷化合物及裂解规律研究[J]. 中国药学杂志,2012,47(1):13-19.
- [21] 周宇娟,王俊豪,薛亚甫,等. 铁皮石斛醋酸乙酯部位化学成分研究[J]. 中草药,2021,52(17):5218-5225.
- [22] 杨柳. 铁皮石斛和齿瓣石斛的化学成分与生物活性研究[D]. 合肥:安徽中医药大学,2013.
- [23] 管惠娟,张雪,屠凤娟,等. 铁皮石斛化学成分的研究[J]. 中草药,2009,40(12):1873-1876.
- [24] 李燕. 铁皮石斛化学成分的研究[D]. 北京:中国协和医科大学,2009.

- [25] 罗镭,祝明,陈立钻,等. 铁皮石斛化学成分的研究[J]. 中国药理学杂志,2013,48(19):1681-1683.
- [26] 孟威同,孟晓,牛丽婷,等. 铁皮石斛茎中1个新的联苄衍生物[J]. 中国中药杂志,2023,48(3):700-706.
- [27] 周宇娟,王俊豪,徐红,等. 铁皮石斛联苄类化学成分的研究[J]. 中国中药杂志,2021,46(15):3853-3558.
- [28] 吕朝耕,杨健,康传志,等. 铁皮石斛中10种黄酮类成分UPLC-MS/MS测定与多糖组成含量分析[J]. 中国实验方剂学杂志,2017,23(17):47-52.
- [29] 曾艺芸,聂雪婷,李振坚,等. 中药石斛黄酮活性成分研究进展[J]. 中国实验方剂学杂志,2021,27(6):197-206.
- [30] 任刚,陈优婷,叶金宝,等. 铁皮石斛叶的化学成分研究[J]. 中草药,2020,51(14):3637-3644.
- [31] 诸燕. 铁皮石斛种质资源收集与评价[D]. 杭州:浙江农林大学,2010.
- [32] Li Q M, Yang X R, Zha X Q, et al. Protective Effects of three flavonoids from *Dendrobium huoshanense* flowers on alcohol-induced hepatocyte injury via activating Nrf2 and inhibiting NF- κ B pathways[J]. Chemistry & Biodiversity, 2022, 19 (8) : e202200471.
- [33] 周桂芬,陈素红,吕圭源. 浙江省铁皮石斛黄酮类成分高效液相色谱指纹图谱的建立[J]. 中国药理学杂志,2013,48(15):1261-1265.
- [34] 原琳,李娇,荣永海,等. 联合提取铁皮石斛中生物碱及多糖的研究[J]. 天然产物研究与开发,2015,27(1):179-1784.
- [35] 刘志萍. 不同产地铁皮石斛的质量控制研究[D]. 南宁:广西中医药大学,2016.
- [36] 刘梦曦,崔铁达,邓博文,等. 铁皮石斛化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报,2018,35(9):739-743.
- [37] 张春花,徐巧林,曾雷,等. 铁皮石斛叶的化学成分研究[J]. 广东林业科技,2020,36(3):30-34.
- [38] 崔铁达,路宜蕾,赵益铭,等. 铁皮石斛化学成分的分离与鉴定[J]. 沈阳药科大学学报,2019,36(1):7-11.
- [39] 周佳,周先丽,梁成钦,等. 铁皮石斛化学成分研究[J]. 中草药,2015,46(9):1292-1295.
- [40] 王芳菲. 铁皮石斛极性部位化学成分和药材质量标准研究[D]. 北京:中国协和医科大学,2010.
- [41] 邝俊维. 石蒜、铁皮石斛化学成分研究[D]. 长沙:中南大学,2013.
- [42] 孟志霞,舒莹,王春兰,等. 铁皮石斛原球茎的化学成分研究[J]. 中国药理学杂志,2012,47(12):9535.
- [43] Zhao G Y, Deng B W, Zhang C Y, et al. New phenanthrene and 9,10-dihydrophenanthrene derivatives from the stems of *Dendrobium officinale* with their cytotoxic activities[J]. Journal of Natural Medicines, 2018, 72(1):246-251.
- [44] 李榕生,杨欣,何平,等. 铁皮石斛根茎中非类化学成分分析[J]. 中药材,2009,32(2):220-223.
- [45] 霍昕,周建华,杨迺嘉,等. 铁皮石斛花挥发性成分研究[J]. 中华中医药杂志,2008,23(8):735-737.
- [46] 范家坤,刘倩葶,罗慧,等. 铁皮石斛花营养成分分析[J]. 食品安全质量检测学报,2021,12(21):8334-8341.
- [47] 魏泽元,陆静金,金传山,等. 铁皮石斛茎乙醇提取物正丁醇溶性部分化学成分研究[J]. 中国现代中药,2013,15(12):1042-1045.
- [48] 刘峻麟,俞年军,邢丽花,等. 基于UHPLC-QTRAP-MS/MS的石斛中氨基酸和核苷类成分分析与评价[J]. 中国中药杂志,2020,45(16):3890-3899.
- [49] 付涛,王志龙,林立,等. GC-MS法比较铁皮石斛试管苗不同部位中挥发油的成分[J]. 中成药,2015,37(10):2233-2238.
- [50] 康联伟,宋银,张媛,等. 铁皮石斛挥发油化学成分的SPME-GC-MS分析[J]. 中华中医药杂志,2011,26(10):2279-2281.
- [51] 吕素华,徐萌,张新风,等. 不同杂交家系铁皮石斛花多糖、浸出物及氨基酸质量分数分析[J]. 浙江农林大学学报,2016,33(5):749-755.
- [52] 何铁光,苏江,王灿琴,等. 铁皮石斛不同来源材料多糖和氨基酸含量的比较[J]. 广西农业科学,2007(1):32-34.
- [53] Mai Y, Niu Z, He W, et al. The reparative effect of *Dendrobium officinale* protocorms against photo-damage caused by UV-Irradiation in hairless mice[J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2019, 42(5):728-735.
- [54] 诸燕,苑鹤,李国栋,等. 铁皮石斛中11种金属元素含量的研究[J]. 中国中药杂志,2011,36(3):356-360.
- [55] Luo Q L, Tang Z H, Zhang X F, et al. Chemical properties and antioxidant activity of a water-

- soluble polysaccharide from *Dendrobium officinale* [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2016, 89: 219-227.
- [56] Wei W, Li Z P, Zhu T, et al. Anti-fatigue effects of the unique polysaccharide marker of *Dendrobium officinale* on BALB/c mice [J]. Molecules (Basel, Switzerland), 2017, 22(1): 155.
- [57] Wei Y, Wang L, Wang D, et al. Characterization and anti-tumor activity of a polysaccharide isolated from *Dendrobium officinale* grown in the Huoshan County [J]. Chinese Medicine, 2018, 13: 47.
- [58] Lou X J, Wang Y Z, Lei S S, et al. Beneficial effects of macroporous resin extract of *Dendrobium candidum* leaves in rats with hyperuricemia induced by a high-purine diet [J]. Evid Based Complement Alternat Med, 2020; 2020: 5-10.
- [59] 何晓艳. 铁皮石斛花对自发性高血压大鼠(SHR)降压作用的实验研究[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2016.
- [60] 李亚梅, 吴萍, 谢雪姣, 等. 铁皮石斛对ApoE~(-/-)小鼠血脂及TNF- α , IL-6的影响[J]. 中国实验方剂学杂志, 2013, 19(18): 270-274.
- [61] 吴昊姝, 徐建华, 陈立钻, 等. 铁皮石斛降血糖作用及其机制的研究[J]. 中国中药杂志, 2004, 39(2): 69-72.
- [62] Xiang L, Stephen Sze C W, Ng T B, et al. Polysaccharides of *Dendrobium officinale* inhibit TNF- α -induced apoptosis in A-253 cell line [J]. Inflammation Research: Official Journal of the European Histamine Research Society, 2013, 62(3): 313-324.
- [63] Zhang Z, Duoduodou, Mengmengli, et al. *Dendrobium officinale* Kimura et Migo attenuates diabetic cardiomyopathy through inhibiting oxidative stress, inflammation and fibrosis in streptozotocin-induced mice [J]. Biomed Pharmacother, 2016; 84: 1350-1358.
- [64] Zhu-ying, P H M Q T Y. *Dendrobium officinale* polysaccharides regulate age-related lineage commitment between osteogenic and adipogenic differentiation [J]. Cell Prolif, 2019; 52(4): 7-9.
- [65] Deng W, Ding Z, Wang Y, et al. Dendrobine attenuates osteoclast differentiation through modulating ROS/NFATc1/MMP9 pathway and prevents inflammatory bone destruction [J]. Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and phytopharmacology, 2022, 96: 153838.
- [66] 孙晨晨, 苏洁, 颜美秋, 等. 铁皮石斛对温燥药致阴虚便秘小鼠的改善作用[J]. 中国中药杂志, 2021, 46(7): 1674-80.
- [67] 肖嫩群, 郑淘, 彭买姣, 等. 铁皮石斛对脾虚便秘小鼠肠道黏膜结构的影响[J]. 中国微生态学杂志, 2020, 32(9): 1018-20.
- [68] 梁楚燕, 李焕彬, 侯少贞, 等. 铁皮石斛护肝及抗胃溃疡作用研究[J]. 世界科学技术-中医药现代化, 2013, 15(2): 233-237.
- [69] 黄根山. 中药内服联合铁皮石斛滴眼液治疗白内障术后干眼的效果分析[J]. 临床医药实践, 2019, 28(2): 105-107.
- [70] 赵瑞莲. 中药内服联合铁皮石斛滴眼液治疗白内障术后干眼的临床观察[J]. 中国中医眼科杂志, 2017, 27(2): 111-114.
- [71] Zhu Y, Liu M, Cao C, et al. *Dendrobium officinale* flos increases neurotrophic factor expression in the hippocampus of chronic unpredictable mild stress-exposed mice and in astrocyte primary culture and potentiates NGF-induced neuronal differentiation in PC12 cells [J]. Phytother Res, 2021: 9-12.
- [72] 卢秋静, 周梦娣, 王浙乐, 等. 铁皮石斛提取物对小鼠皮肤光损伤的保护作用[J]. 中成药, 2016, 38(10): 2303-206.
- [73] 唐文文, 夏俊丽, 陈垣. 不同杀青方式对铁皮石斛叶茶的活性成分及抗氧化活性的影 [J]. 食品科技, 2021, 46(10): 74-82.
- [74] 王玲, 唐德强, 王佳佳, 等. 铁皮石斛原球茎与野生铁皮石斛多糖的抗菌及体外抗氧化活性比较[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(6): 167-72.
- [75] Liang J, Li H, Chen J, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharides alleviate colon tumorigenesis via restoring intestinal barrier function and enhancing anti-tumor immune response [J]. Pharmacological Research, 2019, 148: 9-11.
- [76] 黄少杰, 陈宏著, 钟淳菲, 等. 铁皮石斛叶多糖对秀丽隐杆线虫体内抗衰老作用[J]. 食品科学, 2022, 43(21): 203-208.
- [77] 邱现创, 赵宁, 李晨, 等. 铁皮石斛多糖提取工艺优化及对果蝇抗氧化能力的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(2): 273-280.

- [78] Liang Y, Du R, Chen R, et al. Therapeutic potential and mechanism of *Dendrobium officinale* polysaccharides on cigarette smoke-induced airway inflammation in rat [J]. Biomedicine & Pharmacotherapy, 2021, 143: 7-9.
- [79] Chen R, Liang Y, Ip M S M, et al. Amelioration of cigarette smoke-induced mucus hypersecretion and viscosity by *Dendrobium officinale* Polysaccharides in vitro and in vivo [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2020, 2020: 8217642.
- [80] Yang K, Zhan L, Lu T, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharides protected against ethanol-induced acute liver injury in vivo and in vitro via the TLR4/NF- κ B signaling pathway [J]. Cytokine, 2020, 5-8.
- [81] 吴月国, 赵铮蓉, 张萍, 等. 铁皮石斛复方颗粒对小鼠免疫功能影响的研究 [J]. 中华中医药学刊, 2015, 33 (8): 1936-1938.
- [82] 孙静平, 张国庆. 铁皮枫斗颗粒对急性放射损伤小鼠的保护作用 [J]. 苏州大学学报(医学版), 2008(2): 200-2.
- [83] Zhao Y, Li B, Wang G, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharides inhibit 1-Methyl-2-Nitro-1-Nitrosoguanidine induced precancerous lesions of gastric cancer in rats through regulating wnt/ β -catenin pathway and altering serum endogenous metabolites [J]. Molecules, 2019, 24(14): 1-11.
- [84] Huang J, Liu C, Duan S, et al. Gigantol inhibits proliferation and enhances DDP-induced apoptosis in breast-cancer cells by downregulating the PI3K/Akt/mTOR signaling pathway [J]. Life Sciences, 2021, 274: 1-12.
- [85] Zheng S, Zhu Y, Jiao C, et al. Extraction and analysis of gigantol from *Dendrobium officinale* with response surface methodology [J]. Molecules, 2018, 23 (4): 818.
- [86] Zeng J, Li D, Li Z, et al. *Dendrobium officinale* attenuates myocardial fibrosis via inhibiting EMT signaling pathway in HFD/STZ-Induced diabetic mice [J]. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 2020, 43 (5): 864-72.
- [87] 窦萌萌. 基于体外体内实验分析铁皮石斛水提物对心肌缺血的保护作用 [D]. 重庆: 西南大学, 2016.
- [88] Ke Y, Zhan L, Lu T, et al. Polysaccharides of *Dendrobium officinale* Kimura & Migo Leaves protect against ethanol-induced gastric mucosal injury via the AMPK/mTOR signaling pathway in vitro and vivo [J]. Frontiers in Pharmacology, 2020, 11: 11-13.
- [89] Wu Y L, Huang S H, He C M, et al. *Dendrobium officinale* flower extraction mitigates alcohol-induced liver injury in mice: role of antisteatosis, antioxidative, and anti-inflammatory [J]. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 1-12.
- [90] Wang K, Yang X, Wu Z, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharide protected CCl₄-Induced liver fibrosis through intestinal homeostasis and the LPS-TLR4-NF- κ B signaling pathway [J]. Frontiers in Pharmacology, 2020; 11: 240.
- [91] Guo L, Qi J, Du D, et al. Current advances of *Dendrobium officinale* polysaccharides in dermatology: a literature review [J]. Pharmaceutical Biology, 2020, 58(1): 664-673.
- [92] 麦燕随. 铁皮石斛原球茎抗裸鼠皮肤光老化药效学评价及其代谢组学研究 [D]. 广州: 广州中医药大学, 2019.
- [93] 王崇道, 强亦忠, 崔凤梅. 铁皮枫斗晶对小鼠辐射损伤的防护作用 [J]. 辐射防护, 2004(6): 403-5.
- [94] 王程, 蒋瑶, 柯鸿, 等. 药物有效提取成分对辐射损伤机体部分修复作用研究现状及进展 [J]. 生物技术世界, 2016(1): 161-162.
- [95] 王程, 杨金平, 罗炜, 等. 藻蓝蛋白、铁皮石斛多糖及两者配伍对辐射损伤模型小鼠保护作用的研究 [J]. 中南药学, 2016, 14(10): 1033-1036.
- [96] 陈健, 戚辉, 李金标, 等. 铁皮石斛多糖促进毛发生长的实验研究 [J]. 中国中药杂志, 2014, 39 (2): 291-5.
- [97] Liu C, Chen W, Wang M, et al. *Dendrobium officinale* Kimura et Migo and American ginseng mixture: A Chinese herbal formulation for gut microbiota modulation [J]. Chinese Journal of Natural Medicines, 2020, 18 (6): 446-459.
- [98] Li M, Yue H, Wang Y, et al. Intestinal microbes derived butyrate is related to the immunomodulatory activities of *Dendrobium officinale* polysaccharide [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2020, 149: 717-723.
- [99] 黄莉莉, 郑淘, 唐圆, 等. 铁皮石斛多糖对高脂饮食小鼠肠腔菌群的影响 [J]. 食品安全质量检测学报,

- 2022,13(4):1082-1088.
- [100] Peng H, Yang M, Guo Q, et al. *Dendrobium officinale* polysaccharides regulate age-related lineage commitment between osteogenic and adipogenic differentiation[J]. Cell Proliferation, 2019, 52(4): e12624.
- [101] Tao Y, Cai H, Li W, et al. Ultrafiltration coupled with high-performance liquid chromatography and quadrupole-time-of-flight mass spectrometry for screening lipase binders from different extracts of *Dendrobium officinale* [J]. Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2015, 407(20): 6081-6093.
- [102] Ling J, Chan C L, Ho C Y, et al. The extracts of dendrobium alleviate dry eye disease in rat model by regulating aquaporin expression and MAPKs/NF- κ B signalling[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2022, 23(19): 13-22.
- [103] Zhang T, Ouyang H, Mei X, et al. Erianin alleviates diabetic retinopathy by reducing retinal inflammation initiated by microglial cells via inhibiting hyperglycemia-mediated ERK1/2-NF- κ B signaling pathway [J]. FASEB, 2019, 33 (11): 11776-11790.
- [104] 吴俊, 庄煌辉, 毛志田, 等. 龙虎山铁皮石斛治疗2型糖尿病的临床疗效比较[J]. 江西中医药, 2017, 48(5): 45-47.
- [105] 吴俊, 庄煌辉, 毛志田, 等. 龙虎山铁皮石斛治疗高血压病临床观察[J]. 中医药临床杂志, 2018, 30(2): 297-300.
- [106] 王勉. 铁皮石斛联合西药治疗冠心病心绞痛的临床应用[D]. 杭州: 浙江中医药大学, 2020.
- [107] 杨桂华, 游善喜. 铁皮石斛颗粒治疗对减轻中老年消化道恶性肿瘤患者胃肠道反应和化疗不良反应的作用临床观察[J]. 实用妇科内分泌电子杂志, 2020, 7(17): 166-167.
- [108] 何思陆, 梁烨, 陆高翔, 等. 铁皮石斛处方辅助治疗肺结核效果的临床观察[J]. 中国医药科学, 2015, 5(10): 7-9.
- (责任编辑 李辛)

(上接第256页)

- [12] 袁亚茹, 辛晓伟, 高志朋, 等. 山东药用植物二新记录属种: 辽吉侧金盏花、小顶冰花[J]. 中国现代中药, 2022, 24(4): 589-594.
- [13] 石亮, 解玲, 曲畅游, 等. 山东野生植物新记录3种[J]. 山东科学, 2022, 35(1): 14-17.
- [14] 张绍升. 原野菟丝子在中国重新发现[J]. 福建农学院学报, 1989, 18(3): 308-311.
- [15] 秦帅, 葛欢, 赵利清. 内蒙古维管植物新资料[J]. 西北植物学报, 2014, 34(2): 0397-0400.
- [16] 熊先华, 丁炳扬, 张豪, 等. 浙江植物分布2新记录属和2新记录种[J]. 浙江大学学报, 2014, 41(4): 432-439.
- [17] 李时珍. 本草纲目[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1982.
- [18] 林慧彬, 谷延杰, 林建强, 等. HPLC法测定山东4种菟丝子槲皮素、山萘酚的含量[J]. 中成药, 2003, 25(8): 649.
- [19] 孟蔚, 王英震, 管仁伟, 等. 不同寄主的菟丝子HPLC指纹图谱研究[J]. 中华中医药杂志, 2015, 30(4): 1079.
- [20] 房于翔, 毛王选, 刘晓娟, 等. 甘肃省马先蒿属5个分布新记录种[J]. 甘肃农业大学学报, 2022, 57(3): 129-133.
- (责任编辑 苟琦敏)