

• 综 述 •

兰科植物生物碱类化学成分及药理活性研究进展

刘宏栋¹, 潘玲玲¹, 周翔¹, 万娜¹, 吴亚芬¹, 李斌^{1,2*}

1. 江西中医药大学, 江西 南昌 330004

2. 中药固体制剂制造技术国家工程研究中心, 江西 南昌 330004

摘要: 生物碱类化学成分结构复杂、种类繁多, 广泛存在于兰科各属植物中, 且大多具有抗炎、抗肿瘤、降血糖、细胞毒性等生物活性。系统综述了兰科生物碱类化学成分的植物分布、种类结构及药理作用, 为兰科植物中生物碱类成分的结构类型、结构解析及生物活性的深入研究提供理论参考。

关键词: 兰科; 生物碱类; 生物活性; 抗炎; 抗肿瘤

中图分类号: R282.71

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2019)03-0731-14

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2019.03.029

Research progress on chemical constituents and pharmacological activities of alkaloids in Orchidaceae plants

LIU Hong-dong¹, PAN Ling-ling¹, ZHOU Xiang¹, WAN Na¹, WU Ya-fen¹, LI Bin^{1,2}

1. Jiangxi University of Traditional Chinese Medicine, Nanchang 330004, China

2. National Engineering Research Center of Traditional Chinese Medicine Solid Preparation Manufacturing Technology, Nanchang 330004, China

Abstract: Due to the complex chemical compositions and various types, alkaloids are widely existed in various genera of Orchidaceae plants. Most of the alkaloids have anti-inflammatory, antitumor, hyperglycemic, cytotoxic and other biological activities. In this paper, the distribution, types, structures, and pharmacological action of alkaloids in Orchidaceae plants were reviewed, which provides a theoretical reference for the structure type, structure analysis, and biological activity of alkaloids in Orchidaceae plants.

Key words: Orchidaceae; alkaloids; biological activity; anti-inflammatory activity; antitumor activity

兰科 (Orchidaceae) 是开花植物中仅次于菊科的第 2 大家族, 在全世界有约 736 属 28 000 种^[1], 兰科植物在全球范围几乎都有分布, 但主要生长于热带和亚热带地区。我国的兰科植物较为丰富, 《中国植物志》中收录了兰科植物 171 属 1 247 种。兰科植物中除了众多观赏性花卉品种如兰花、君子兰、蟹爪兰等, 也有相当数量品种作为中药材使用, 如石斛、天麻、白及、手参、见血清、金线莲等常用药材。兰科植物化学成分极为丰富, 主要包括萜类、酚类、萜类、生物碱类、黄酮类和甾醇等, 其中生物碱类化学成分在兰科植物中广泛存在。这些生物碱类成分具有抗炎、抗肿瘤、降血糖、调血脂及细胞毒性等生物活性。本文系统综述了兰科植物中生物碱类化学成分及药理作用研究进展, 为兰科植物中生物碱类成分的结构特点、结构解析及生物活性的深入研究提供理论参考。

1 含生物碱类化学成分的兰科植物

经查阅文献, 兰科共有 17 属 50 种植物含有生物碱类化学成分。含生物碱类成分的兰科植物见表 1。

2 兰科植物中生物碱类化学成分

2.1 有机胺类生物碱

有机胺类生物碱是指氮原子未结合在环内的一类生物碱。兰科植物中有机胺类生物碱主要为酰胺类生物碱, 主要分布于石斛属、羊耳蒜属、杜鹃兰属、鹤顶兰属植物中。从兰科植物中发现的有机胺类生物碱化合物见表 2, 结构见图 1。

收稿日期: 2018-07-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81260629); 江西省青年科学家培养项目 (2008-222); 江西省教育厅重点项目 (GJJ12515)

作者简介: 刘宏栋 (1986—), 男, 江西南昌人, 在读博士研究生, 研究方向为中药资源开发与利用。E-mail: lhd1567@163.com

*通信作者 李斌, 教授, 博士生导师。Tel: (0791)87118827 E-mail: lbin@jzjt.com

表 1 含生物碱类成分的兰科植物

Table 1 Orchidaceae plants with alkaloids

编号	属	植物中文名	拉丁学名	部位
A1	开唇兰属	恒春银线兰	<i>Anoectochilus koshunensis</i> Hayata	全草
A2		金线兰	<i>A. roxburghii</i> (Wall.) Lindl.	全草
B1	虾脊兰属	虾脊兰	<i>Calanthe discolor</i> Lindl.	全草
B2			<i>C. liukiuensis</i> Schltr.	地下部分
C	黄兰属	黄兰	<i>Cephalantheropsis gracilis</i> (Lindl.) S. Y. Hu	全草
D	吉西兰属		<i>Chysis bractescens</i> Lindl.	全草
E	杜鹃兰属	杜鹃兰	<i>Cremastra appendiculata</i> (D. Don) Makino	假鳞茎
F1	隐柱兰属	隐柱兰	<i>Cryptostylis erythroglossa</i> Schltr.	全草
F2			<i>C. fulva</i> Schltr.	全草
G	兰属		<i>Cymbidium lunagrad</i> Eternal Green	花
H1	石斛属	卓花石斛	<i>Dendrobium anosmum</i> Lindl.	全草
H2		束花石斛	<i>D. chrysanthum</i> Wall. ex Lindl.	全草
H3		玫瑰石斛	<i>D. crepidatum</i> Lindl. ex Paxt.	茎
H4		齿瓣石斛	<i>D. devonianum</i> Paxt.	茎
H5		棒节石斛	<i>D. findlayanum</i> Par. et Rchb. f.	茎
H6			<i>D. friedricksianum</i> Rchb.f.	茎
H7			<i>D. hildebrandii</i> Rolfe	全草
H8		美花石斛	<i>D. loddigesii</i> Rolfe	茎
H9		罗河石斛	<i>D. lohohense</i> T. Tang et F. T. Wang	全草
H10		细茎石斛	<i>D. moniliforme</i> (L.) Sw.	全草
H11		金钗石斛	<i>D. nobile</i> Lindl.	茎
H12		铁皮石斛	<i>D. officinale</i> Kimura et Migo	叶、茎
H13		兜唇石斛	<i>D. pierardii</i> (Roxb.) C. E. Fischer	全草
H14		报春石斛	<i>D. primulinum</i> Lindl.	全草
H15		大苞鞘石斛	<i>D. wardianum</i> Warner	茎
I	天麻属	天麻	<i>Gastrodia elata</i> Bl.	块茎
J	尖囊兰属	小尖囊兰	<i>Kingidium taeniale</i> (Lindl.) P. F. Hunt	全草
K1	羊耳蒜属	玉簪羊耳蒜	<i>Liparis auriculata</i> Bl. ex Miq.	茎
K2			<i>L. hachijoensis</i> Nakai	全草
K3		尾唇羊耳蒜	<i>L. krameri</i> Franch. et. Savat.	全草
K4		曲唇羊耳蒜	<i>L. kumokiri</i> F. Maekawa	全草
K5			<i>L. loeselii</i> (L.) L. C. Rich.	全草
K6		见血清	<i>L. nervosa</i> (Thunb. ex A. Murray) Lindl.	全草
K7		香花羊耳蒜	<i>L. odorata</i> (Willd.) Lindl.	全草
L1	沼兰属		<i>Malaxis congesta</i> comb. nov. (Rchb. f.)	全草
L2			<i>M. grandifolia</i> Schltr.	全草
L3			<i>M. paludosa</i> (L.) Sw.	全草
M	鹤顶兰属	紫花鹤顶兰	<i>Phaius mishmensis</i> (Lindl. et Paxt.) Rchb. f.	全草
N1	蝴蝶兰属	蝴蝶兰	<i>Phalaenopsis amabilis</i> Bl.	全草
N2		角状蝴蝶兰	<i>P. cornu-cervi</i> Rchb. f.	全草
N3		版纳蝴蝶兰	<i>P. mannii</i> Rchb. f.	全草
N4			<i>P. hybrids</i>	全草
O	独蒜兰属	独蒜兰	<i>Pleione bulbocodioides</i> (Franch.) Rolfe	假鳞茎
P1	万代兰属	叉唇万代兰	<i>Vanda cristata</i> Lindl.	全草
P2			<i>V. hindsii</i> Lindl.	全草
P3			<i>V. helvola</i> Bl.	全草
P4		吕宋万代兰	<i>V. luzonica</i> Loher.	全草
Q1	拟万代兰属	拟万代兰	<i>Vandopsis gigantea</i> (Lindl.) Pfitz.	全草
Q2			<i>V. lissochiloides</i> Pfitz.	全草
Q3			<i>V. longicaulis</i> Schltr.	全草

表 2 兰科植物中的有机胺类生物碱
Table 2 Organic amine alkaloids in Orchidaceae plants

编号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
1	金色酰胺醇酯	C ₂₇ H ₂₈ N ₂ O ₄	E	2
2	1,3-二甲氧基酰胺基-4-甲基苯	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ O ₄	E	3
3	(3-甲氧基酰胺基-2-甲基苯)-氨基甲酸甲酯	C ₁₁ H ₁₄ N ₂ O ₄	E	3
4	4,4-二甲氧基酰胺基二苯甲烷	C ₁₇ H ₁₈ N ₂ O ₄	E	3
5	<i>N</i> -反式-香豆酰酰胺	C ₁₇ H ₁₇ NO ₃	H4、H12	4-5
6	<i>N</i> -反式-阿魏酸酰对羟基苯乙胺	C ₁₈ H ₁₉ NO ₄	H4	5
7	<i>N</i> -反式-对羟基苯乙基咖啡酰胺	C ₁₇ H ₁₇ NO ₄	H4	6
8	<i>N</i> -反式-桂皮酸酰对羟基苯乙胺	C ₁₇ H ₁₇ NO ₂	H11	7
9	对羟基苯丙酰酰胺	C ₁₇ H ₁₉ NO ₃	H12	4
10	二氢阿魏酰酰胺	C ₁₈ H ₂₁ NO ₄	H12	8
11	<i>N</i> -顺式阿魏酸酰对羟基苯乙胺	C ₁₈ H ₁₉ NO ₄	H11	7
12	<i>N</i> -顺式香豆酰酰胺	C ₁₇ H ₁₇ NO ₃	H11	7
13	pierardine	C ₁₃ H ₁₇ NO ₂	H13	9
14	kuramerine	C ₂₈ H ₄₅ NO ₈ ⁺	K3	10
15	胆碱	C ₅ H ₁₄ NO ⁺	K2、K6	11
16	2-氨基苯甲腈	C ₇ H ₆ N ₂	M	12
17	2-(氨甲酰基) 苯氨基甲酸酯	C ₉ H ₁₀ N ₂ O ₃	C、M	12-13
18	邻氨基苯甲酸甲酯	C ₈ H ₉ NO ₂	M	14

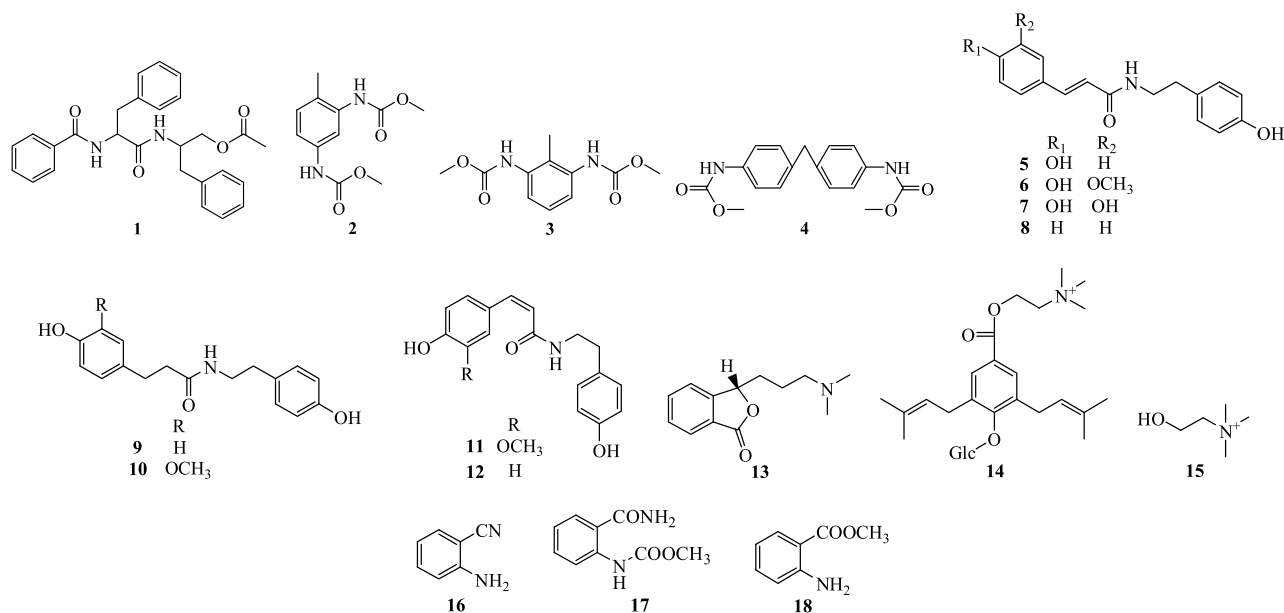


图 1 兰科植物中有机胺类生物碱的结构

Fig. 1 Structures of organic amine alkaloids in Orchidaceae plants

2.2 吡咯类生物碱

吡咯类生物碱主要包括简单吡咯类和吡咯里西啶类。简单吡咯类生物碱主要为四氢吡咯类和吡咯酮类化合物，主要分布于石斛属植物、独蒜兰属植

物。吡咯里西啶类生物碱主要分布于羊耳蒜属植物见血清、香花羊耳蒜，以及万代兰属、拟万代兰属、蝴蝶兰属植物中。从兰科植物中发现的吡咯类生物碱见表 3，结构见图 2。

表 3 兰科植物中的吡咯类生物碱

Table 3 Pyrrole alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
19	石斛宁	C ₁₂ H ₁₃ NO ₂	H8、H9、H13	15-17
20	石斛宁定	C ₁₂ H ₁₄ N ₂ O	H8	16
21	顺式-石斛黄碱	C ₂₁ H ₂₈ N ₂ O ₂	H2	18
22	反式-石斛黄碱	C ₂₁ H ₂₈ N ₂ O ₂	H2	18
23	古豆碱	C ₈ H ₁₅ NO ₂	H14	19
24	脉羊耳兰碱	C ₃₆ H ₅₃ N ₂ O ₁₂	K6	20
25	脉羊耳兰碱 B	C ₂₅ H ₃₇ NO ₄	K6	21
26	脉羊耳兰碱 I	C ₃₀ H ₄₃ NO ₇	K6	22
27	脉羊耳兰碱 II	C ₃₀ H ₄₃ NO ₇	K6	22
28	脉羊耳兰碱 III	C ₃₇ H ₅₅ N ₂ O ₁₃	K6	22
29	脉羊耳兰碱 IV	C ₃₆ H ₅₃ N ₂ O ₁₂	K6	22
30	脉羊耳兰碱 V	C ₃₀ H ₄₅ NO ₈	K6	22
31	脉羊耳兰碱 VI	C ₂₅ H ₃₄ NO ₃	K6	22
32	脉羊耳兰碱 VII	C ₂₅ H ₃₅ NO ₃	K6	23
33	脉羊耳兰碱 VIII	C ₂₅ H ₃₅ N ₂ O ₃	K6	23
34	脉羊耳兰碱 IX	C ₂₅ H ₃₃ NO ₃	K6	23
35	香花羊耳蒜碱 A	C ₃₀ H ₄₃ NO ₈	K7	24
36	香花羊耳蒜碱 B	C ₃₁ H ₄₅ NO ₉	K7	24
37	香花羊耳蒜碱 C	C ₃₆ H ₅₃ N ₂ O ₁₃	K7	24
38	paludosine	C ₃₁ H ₄₅ NO ₈	K6、L3	22,25
39	auriculine	C ₃₁ H ₄₅ NO ₈	K1、K5、K6	22,25
40	grandifoline	C ₃₆ H ₅₃ N ₂ O ₁₂	L2	26
41	kumokirine	C ₃₂ H ₄₈ NO ₈ ⁺	K4	10
42	malaxin	C ₂₆ H ₃₈ N ₂ O ₈	K2、K6、L1	10-11,27
43	(hexahydro-1 <i>H</i> -pyrrolizin-1-yl)methyl-3-(3-hydroxy-3-methylbutyl)-5-(3-methylbut-2-en-1-yl) benzoate	C ₂₅ H ₃₇ NO ₃	K7	28
44	金雀花碱	C ₈ H ₁₅ NO	K2、K6	11
45	(+)-1-甲酯基-吡咯里西啶	C ₉ H ₁₅ NO ₂	D	29-30
46	金雀花碱醋酸酯	C ₁₀ H ₁₇ NO ₂	P1~4、Q1、Q2	31
47	长柱琉璃草定醋酸酯	C ₁₀ H ₁₇ NO ₂	Q1、Q2	31
48	金雀花碱醇	C ₈ H ₁₅ NO	P3、Q1、Q2	31
49	长柱琉璃草定	C ₈ H ₁₅ NO	Q1、Q2	31
50	cremastrine	C ₁₄ H ₂₅ N ₂ O ₃	E	14
51	cornucervine	C ₁₇ H ₂₉ N ₂ O ₅	N2	32
52	phalaenopsine La	C ₂₉ H ₂₇ N ₂ O ₅	J、N3	33-34
53	phalaenopsine T	C ₂₉ H ₂₇ N ₂ O ₅	N1、N4	33,35
54	phalaenopsine Is	C ₂₉ H ₂₇ N ₂ O ₅	N1、N4	33,35
55	dusuanlansin A	C ₁₉ H ₂₁ N ₂ O ₄	O	36
56	dusuanlansin B	C ₁₉ H ₂₁ N ₂ O ₄	O	36
57	dusuanlansin C	C ₁₉ H ₂₁ N ₂ O ₄	O	36
58	dusuanlansin D	C ₁₉ H ₂₁ N ₂ O ₄	O	36
59	methyl hematin	C ₉ H ₁₃ N ₂ O ₄	M	12
60	3-乙基-4-甲基吡咯-2,5-二酮	C ₇ H ₉ NO ₂	M	12

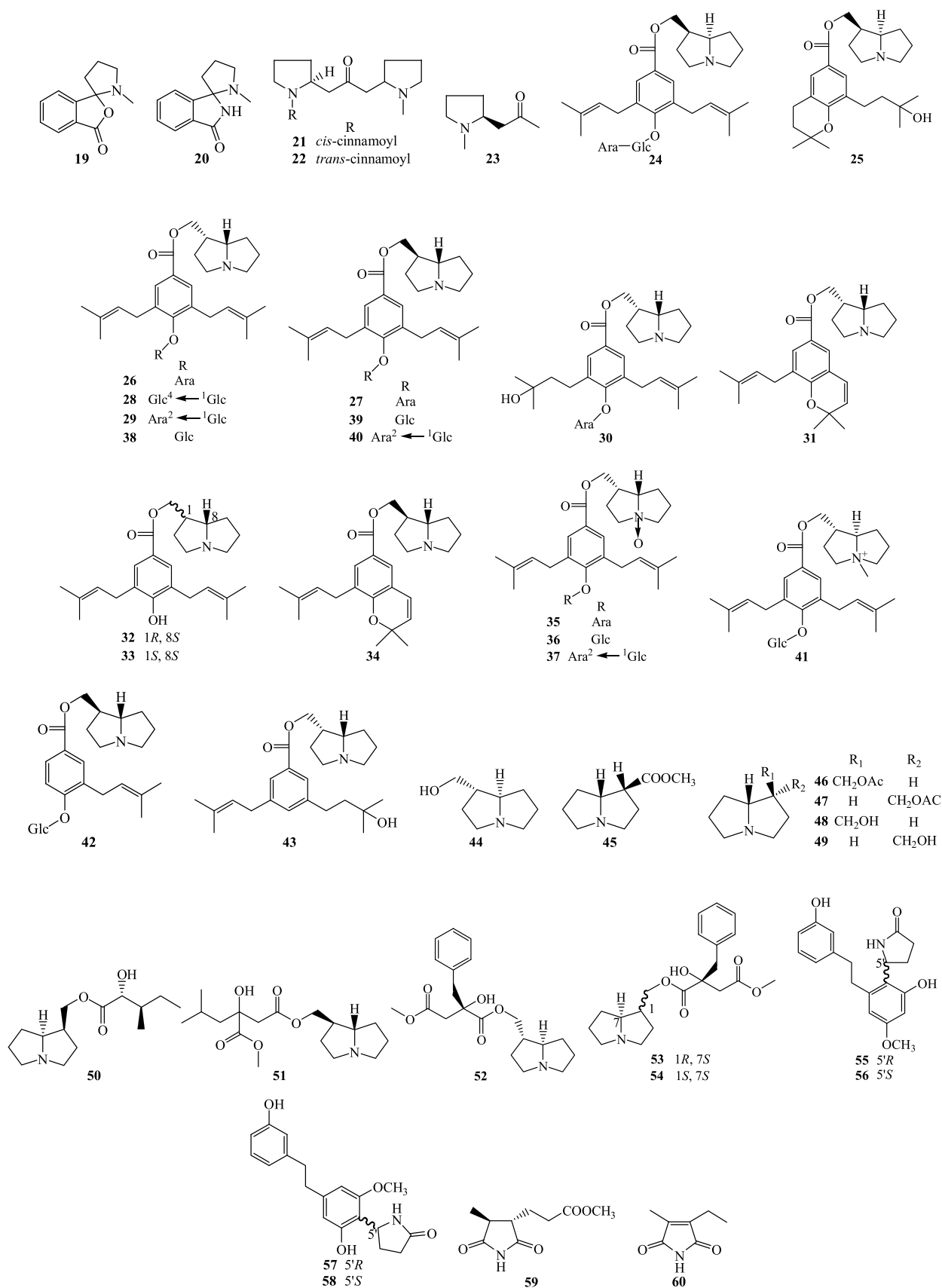


图 2 兰科植物中吡咯类生物碱的结构

Fig. 2 Structures of pyrrole alkaloids in Orchidaceae plants

2.3 哌啶类生物碱

哌啶类生物碱主要包括吡啶类、哌啶类、吲哚里

西啶类, 主要分布于石斛属植物玫瑰石斛中, 为吲哚

里西啶类生物碱。哌啶类生物碱见表 4, 结构见图 3。

表 4 兰科植物中的哌啶类生物碱

Table 4 Piperidine alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
61	<i>O</i> -β- <i>D</i> -吡喃葡萄糖基-3-吡啶-甲醇	C ₁₂ H ₁₇ NO ₆	A1	37
62	烟酸	C ₆ H ₅ NO ₂	A2	38
63	烟醇	C ₆ H ₇ NO	A2	38
64	<i>N</i> -甲基吡啶盐	C ₆ H ₈ N ⁺	Q3	39
65	<i>N</i> -甲基哌啶氧化物	C ₆ H ₁₃ NO	Q3	39
66	crepidine	C ₂₁ H ₂₉ NO ₃	H3	40
67	crepidamine	C ₁₈ H ₂₅ NO ₂	H3	40
68	dendrocrepine	C ₃₃ H ₄₄ N ₂ O ₃	H3	40
69	dendroprimine	C ₁₀ H ₁₉ N	H14	19
70	(±)-homocrepidine A	C ₃₃ H ₄₄ N ₂ O ₃	H3	41
71	homocrepidine B	C ₁₈ H ₂₇ NO ₂	H3	41
72	isocrepidamine (人工产物)	C ₁₈ H ₂₅ NO ₂	H3	40
73	isodendrocrepine (人工产物)	C ₃₃ H ₄₄ N ₂ O ₃	H3	40

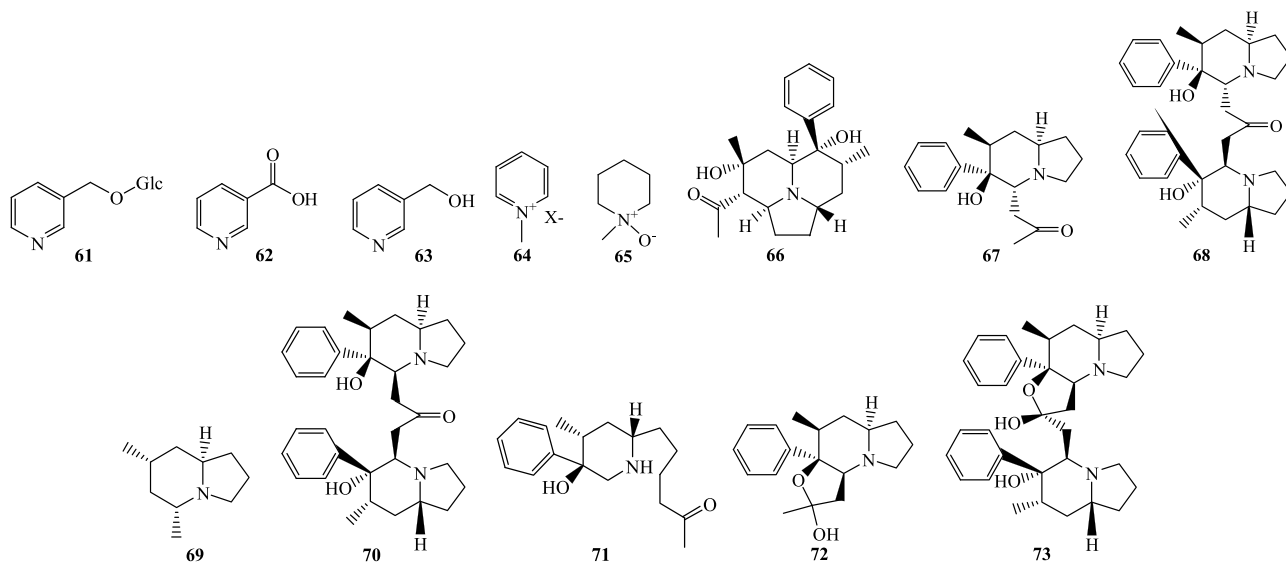


图 3 兰科植物中哌啶类生物碱的结构

Fig. 3 Structures of piperidine alkaloids in Orchidaceae plants

2.4 吲哚类生物碱

兰科中的吲哚类生物碱主要为简单吲哚类及吲哚酮类生物碱, 主要分布于黄兰属植物黄兰、鹤顶兰属植物紫花鹤顶兰。从兰科植物中发现的吲哚类生物碱见表 5, 结构见图 4。

2.5 喹唑啉类生物碱

喹唑啉类生物碱的基本母核由 1 个苯环与 1 个嘧啶环稠合而成, 主要分布于黄兰属植物黄兰及鹤

顶兰属植物紫花鹤顶兰中, 从兰科植物中发现的喹唑啉类生物碱见表 6, 结构见图 5。

2.6 萜类生物碱

萜类生物碱按其结构中碳原子个数可分为单萜类、倍半萜类、二萜类等。兰科植物中萜类生物碱数量较多, 主要为倍半萜类生物碱, 分布于石斛属植物中如金钗石斛和棒节石斛。从兰科植物中发现的萜类生物碱见表 7, 结构见图 6。

表 5 兰科植物中的吲哚类生物碱
Table 5 Indole alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
74	anoectochine	C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O ₂	A2	42
75	calanthoside	C ₂₀ H ₂₇ NO ₁₁ S	B1	43
76	cephalinone A	C ₁₅ H ₁₃ N ₃ O ₃	C	44
77	cephalinone B	C ₁₈ H ₁₆ N ₂ O ₅	C	44
78	cephalinone C	C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₃	C, M	12,44
79	cephalinone D	C ₃₂ H ₁₈ N ₄ O ₄	C	44
80	cephalandole A	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	C	44
81	cephalandole B	C ₁₇ H ₁₄ N ₂ O ₃	C	44
82	cephalandole C	C ₂₃ H ₂₄ N ₂ O ₉	C	44
83	cephathrindole A	C ₂₄ H ₁₅ N ₃ O ₃	C	45
84	cephathrindole B	C ₂₄ H ₁₅ N ₃ O ₃	C	45
85	glucoindican	C ₂₀ H ₂₇ NO ₁₁	B1	43
86	indicant	C ₁₄ H ₁₆ NO ₆	B2	43
87	靛玉红	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	B1、C、M	12,43-44
88	吲哚醌	C ₈ H ₅ NO ₂	B2、C、M	12,43-44
89	indigo	C ₁₆ H ₁₀ N ₂ O ₂	C	44
90	isatan	C ₁₆ H ₁₂ N ₂ O ₂	C	44
91	methyl dioxindole-3-acetate	C ₁₁ H ₁₁ NO ₄	C	44
92	3-甲醛-吲哚	C ₉ H ₇ NO	C	44
93	3-羧酸-吲哚	C ₉ H ₇ NO ₂	C	44
94	3,3-二甲氧基吲哚醌	C ₁₀ H ₁₁ NO ₃	M	12
95	2-Methoxycarbonylindolin-3-one	C ₁₀ H ₉ NO ₃	M	12
96	3-甲酯基吲哚	C ₁₀ H ₉ NO ₂	M	12
97	(S)-3-(2-oxopropyl)-3-hydroxyindolin-2-one	C ₁₁ H ₁₁ NO ₃	C	44
98	2,3,4,9-四氢-1H-吡啶并(3,4-b)吲哚-3-甲酸	C ₁₂ H ₁₂ N ₂ O ₂	H4	5
99	phaindole	C ₂₆ H ₂₁ N ₃ O ₆	M	12

2.7 其他类型生物碱

兰科植物中还含有核苷、异喹啉类及咪唑类生物碱，主要分布于隐柱兰属等植物中。这些类型生物碱见表 8，结构见图 7。

3 兰科植物中生物碱类化学成分的药理作用

3.1 抗炎作用

Hu 等^[70]研究发现玫瑰石斛总生物碱能抑制脂多糖 (LPS) 诱导的巨噬细胞中一氧化氮 (NO) 的产生，并且玫瑰石斛总生物碱能通过下调 Toll 样受体 4 (TLR4) 介导的髓样分化因子 88 (MyD88) /丝裂原激活的蛋白激酶 (MAPK) 信号通路，对小鼠急性肺损伤起保护作用。同时也发现玫瑰石斛总生物碱的中氮茛型生物碱是其抗炎活性成分，(+)-homocrepidine A (70) 能强烈抑制 LPS 诱导 264.7 巨噬细胞中 NO 的产生 (IC₅₀=3.6 μmol/L) 并且能显著降低诱导型一氧化氮合酶 (iNOS) 的表达，(-)-homocrepidine A (70)

和 homocrepidine B (71) 则显示中等的抗炎活性 (IC₅₀ 分别为 22.8、27.6 μmol/L)^[41]。Huang 等^[22]将分离所得的吡咯里西啶型生物碱在 2.5~40 μmol/L 条件下，对 LPS 诱导细胞株中 NO 产生的抑制活性进行检测，表明 IC₅₀ 值在 2.16~38.25 μmol/L 时，所有这些生物碱都显著抑制了 NO 的产生。

Zhou 等^[71]研究发现金色酰胺醇酯 (1) 通过抑制核转录因子-κB (NF-κB) 通路，对甲型流感病毒 (IAV) 感染细胞具有强大的抗病毒和抗炎作用，可能是治疗流感的潜在药物。金色酰胺醇酯可诱导核糖核蛋白 (RNP) 活性降低和病毒滴度降低，对狗肾转化细胞 (MDCK) 中的 IAV 复制产生抑制作用。金色酰胺醇酯可抑制肿瘤坏死因子-α (TNF-α) 刺激的人胚肾细胞 (HEK293) 中 NF-κB 荧光素酶报告基因的 NF-κB 的转录活性。此外，金色酰胺醇酯阻断了 NF-κB 信号通路的激活，降低了感染细胞中

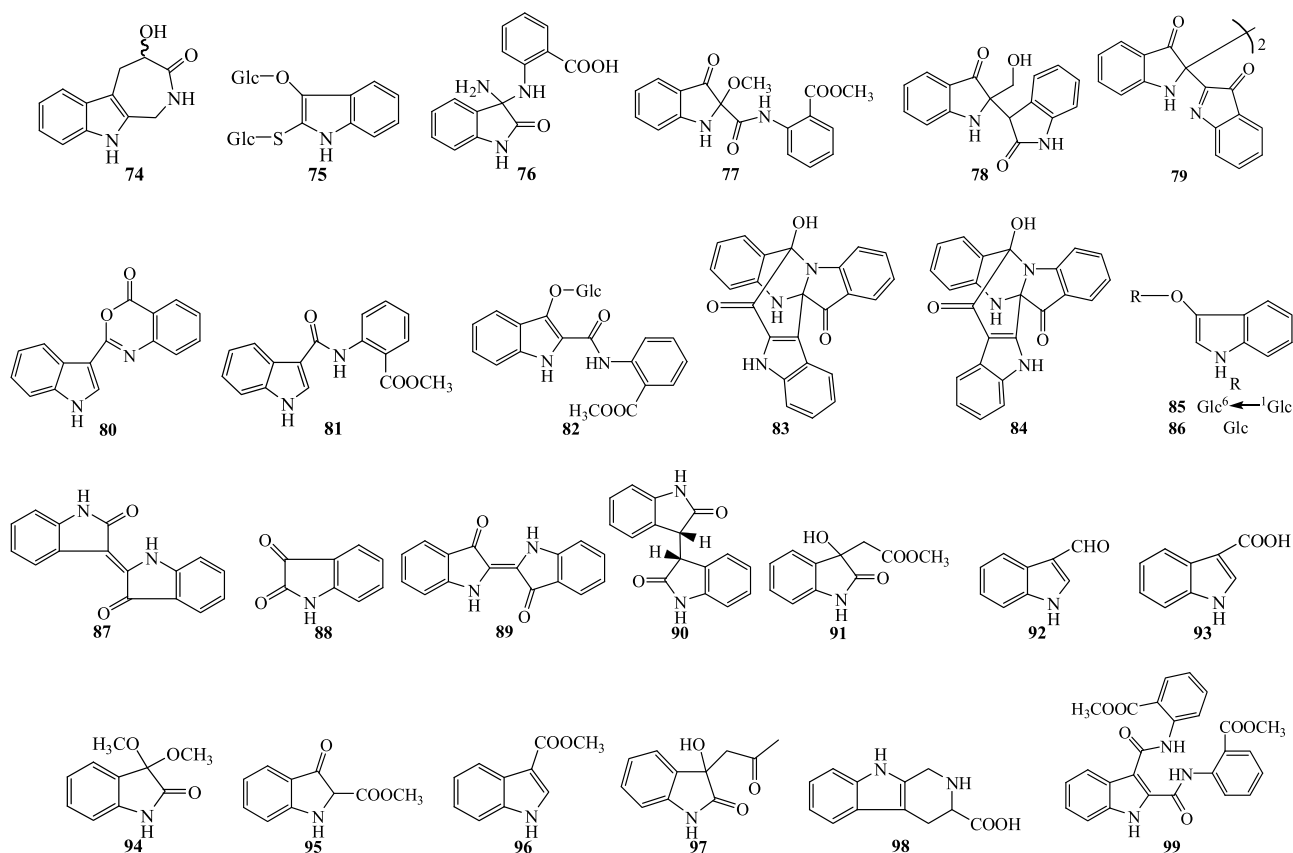


图 4 兰科植物中吲哚类生物碱的结构

Fig. 4 Structures of indole alkaloids in Orchidaceae plants

表 6 兰科植物中的喹唑啉类生物碱

Table 6 Quinazoline alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
100	色胺酮	$C_{15}H_8N_2O_2$	B1、C、M	12-13,43
101	1 <i>H</i> ,3 <i>H</i> -喹唑啉-2,4-二酮	$C_8H_6N_2O_2$	C、M	12-13
102	3-(2'-羟基苯)-3 <i>H</i> -喹唑啉-4-酮	$C_{14}H_{10}N_2O_2$	C、M	12-13
103	phaitanthrin A	$C_{18}H_{14}N_2O_3$	C、M	12-13
104	phaitanthrin B	$C_{18}H_{14}N_2O_4$	C、M	12-13
105	phaitanthrin C	$C_{15}H_{18}N_2O_3$	M	12
106	phaitanthrin D	$C_{17}H_{12}N_2O_3$	M	12
107	phaitanthrin E	$C_{17}H_{12}N_2O_3$	M	12
108	methylisatoid	$C_{17}H_{12}N_2O_4$	C、M	12-13
109	candidine	$C_{23}H_{13}N_3O_2$	C、M	12-13
110	cephalanthrin A	$C_{17}H_{12}N_2O_4$	C	13
111	cephalanthrin B	$C_{18}H_{14}N_2O_4$	C	13

促炎基因的 mRNA 表达水平。金色酰胺醇酯也可抑制 IAV 感染的肺上皮细胞中白细胞介素-6 (IL-6)、TNF- α 、IL-8、干扰素诱导蛋白 10 (IP-10) 和调节活化正常 T 细胞表达分泌因子 (RANTES) 的产生。

王福银等^[72]研究色胺酮 (100) 治疗肥大细胞相关过敏性皮炎机制, 发现色胺酮可抑制胸腺基质

淋巴细胞生成素 (TSLP) 促肥大细胞 HMC-1 的增殖, 机制可能是色胺酮通过调控鼠双微体基因 2 (MDM2) 和 P53 蛋白水平的表达, 激活凋亡信号, 加速细胞凋亡过程, 抑制 TSLP 的促细胞增殖作用。另外, 色胺酮也可抑制 TSLP 上游通路中 IL-7R α 和 TSLPR mRNA 水平的表达。

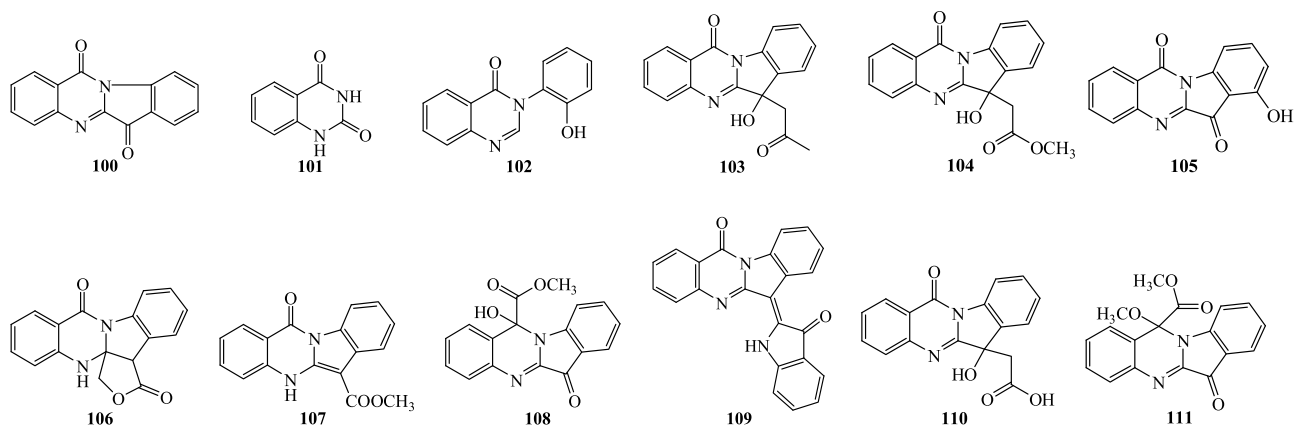


图 5 兰科植物中喹唑啉类生物碱的结构

Fig. 5 Structures of quinazoline alkaloids in Orchidaceae plants

表 7 兰科植物中的萜类生物碱

Table 7 Terpenoid alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
112	石斛碱	C ₁₆ H ₂₅ NO ₂	H5、H11	46-47
113	石斛酯碱	C ₁₉ H ₂₉ NO ₄	H11	48
114	石斛氨碱	C ₁₆ H ₂₅ NO ₃	H7	49
115	10-羟基-石斛碱	C ₁₆ H ₂₅ NO ₃	H5	47
116	(-)-(1R,2S,3R,4S,5R,6S,9S,11R)-11-羧甲基石斛碱	C ₁₈ H ₂₇ NO ₄	H11	50
117	3-羟基-2-氧-石斛碱	C ₁₆ H ₂₃ NO ₄	H11	51
118	石斛星碱	C ₁₇ H ₂₅ NO ₃	H11	52
119	6-羟基-石斛星碱	C ₁₇ H ₂₅ NO ₄	H11	53
120	8-羟基-石斛星碱	C ₁₇ H ₂₅ NO ₄	H11	54
121	N-甲基石斛碱盐	C ₁₇ H ₂₈ NO ₂ ⁺	H11	55
122	石斛碱-N-氧化物	C ₁₆ H ₂₅ NO ₃	H11	55
123	N-isopentenyl-dendrobium	C ₂₁ H ₃₄ NO ₂ ⁺	H11	55
124	N-isopentenyl-dendrobium	C ₂₂ H ₃₄ NO ₃ ⁺	H6-7、H11	55
125	N-isopentenyl-6-hydroxy-dendrobium	C ₂₂ H ₃₄ NO ₄ ⁺	H6-7、H11	55
126	dendrowardine	C ₁₉ H ₃₂ ClNO ₄	H15	56
127	dendronobiline A	C ₁₉ H ₂₉ NO ₃	H11	57
128	findlayine A	C ₁₆ H ₂₃ NO ₃	H5	58
129	findlayine B	C ₁₅ H ₂₁ NO ₃	H5	58
130	findlayine C	C ₁₆ H ₂₅ NO ₄	H5	58
131	findlayine D	C ₁₇ H ₂₅ NO ₅	H5	58
132	mubironine A	C ₁₆ H ₂₃ NO ₃	H11	59
133	mubironine B	C ₁₅ H ₂₃ NO ₂	H11	59
134	mubironine C	C ₁₇ H ₂₉ NO ₃	H11	59
135	石斛次碱	C ₁₇ H ₂₇ NO ₃	H5-7、H11	47-49,60-61
136	6-羟基-石斛次碱	C ₁₇ H ₂₇ NO ₄	H6-7、H10	49,61-62
137	moniline	C ₁₈ H ₂₉ NO ₄	H10	62
138	wardianumine A	C ₁₉ H ₃₁ NO ₄	H15	63
139	石杉碱甲	C ₁₅ H ₁₈ N ₂ O	A2	64
140	乌头碱	C ₃₄ H ₄₇ NO ₁₁	A2	64

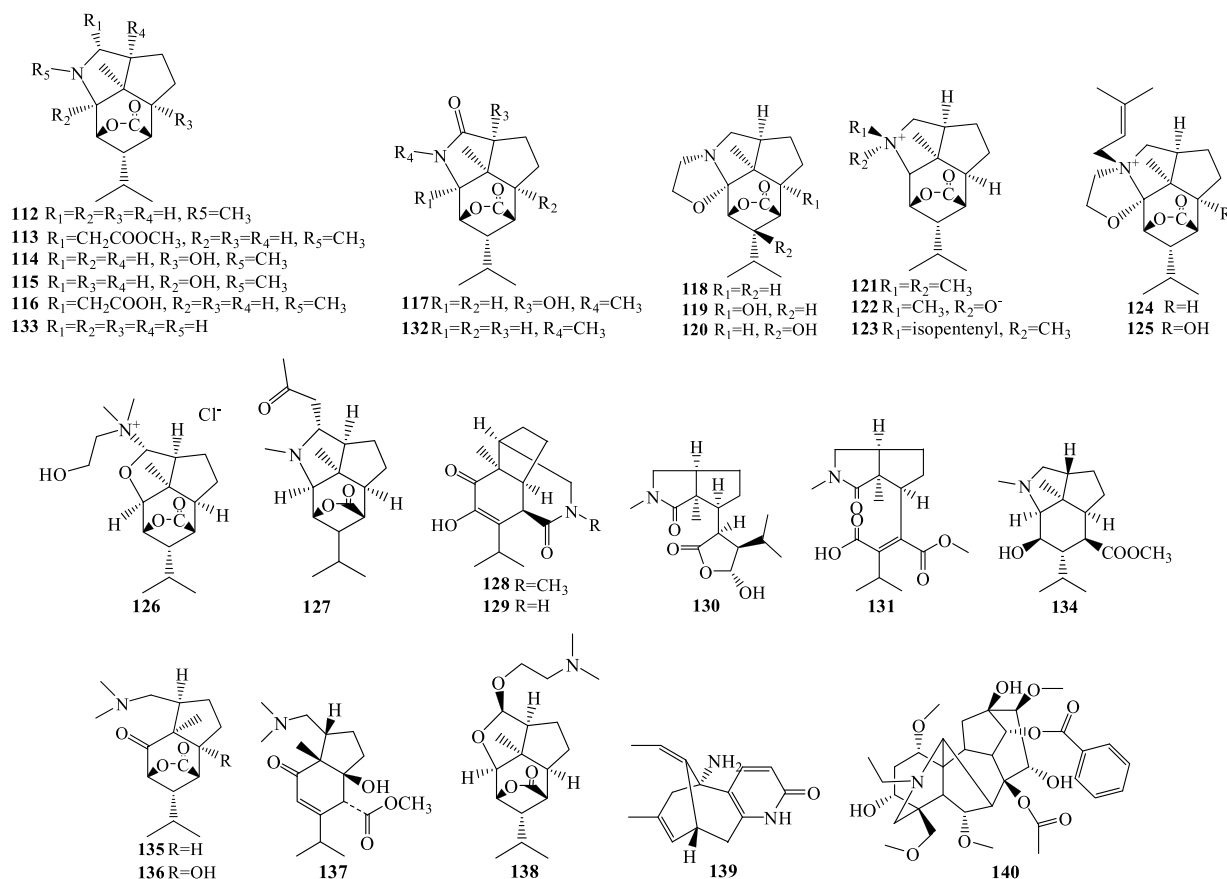


图 6 兰科植物中的萜类生物碱

Fig. 6 Structures of terpenoid alkaloids in Orchidaceae plants

表 8 兰科植物中的其他类型生物碱

Table 8 Other types alkaloids in Orchidaceae plants

序号	化合物名称	分子式	植物来源	参考文献
141	(±)-cryptostyline I	$C_{19}H_{21}NO_4$	F1-2	65-66
142	(±)-cryptostyline II	$C_{20}H_{25}NO_4$	F1-2	65-66
143	(±)-cryptostyline III	$C_{21}H_{27}NO_5$	F1-2	65-66
144	1-(3,4-methylenedioxyphenyl)-6,7-dimethoxy-2-methyl-3,4-dihydroisoquinolinium chloride	$C_{19}H_{20}ClNO_4$	F1	65
145	1-(3,4-methylenedioxyphenyl)-6,7-dimethoxy-2-methylisoquinolinium chloride	$C_{19}H_{18}ClNO_4$	F1	65
146	lunagrad A	$C_{38}H_{44}N_2O_7$	G	67
147	anosmine	$C_{17}H_{17}N_2^+$	H1	68
148	天麻核苷	$C_{17}H_{19}N_5O_6$	I	69
149	guanidine	CH_5N_3	K2、K6	11

3.2 抗肿瘤作用

靛玉红 (87) 是中医传统复方当归龙荟丸的主要活性成分, 用于治疗慢性粒细胞性白血病^[73-74]。Williams 等^[75]在体内外实验中发现, 靛玉红及其衍生物作为葡萄糖合成激酶-3 (GSK-3) 抑制剂可以

减少胶质瘤细胞和神经胶质瘤起始细胞富集的神经球的入侵。靛玉红及其衍生物可提高神经胶质瘤小鼠的生存率, 并观察到小鼠的血管密度明显降低。此外, 靛玉红阻断了内皮细胞的迁移。魏云飞等^[76]发现靛玉红可以抑制雄激素非依赖性前列腺癌 PC-3

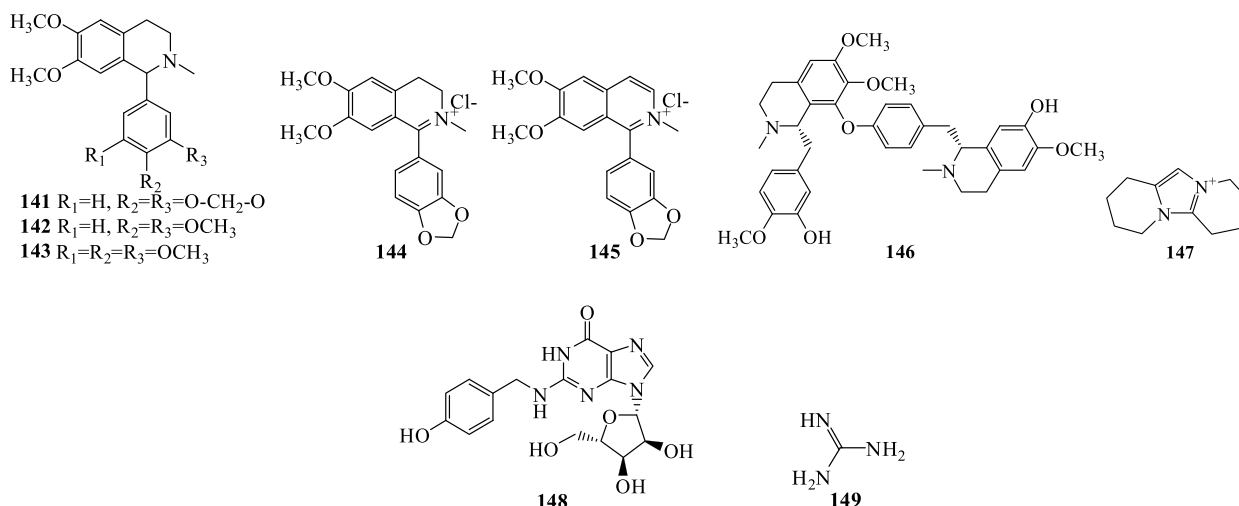


图 7 兰科植物中的其他类型生物碱

Fig. 7 Structures of other types alkaloids in Orchidaceae plants

细胞的增殖，其降低前列腺癌细胞的存活率呈浓度依赖性，靛玉红浓度为 $5 \mu\text{mol/L}$ 时可明显抑制 PC-3 细胞的细胞周期。此外，靛玉红可以抑制细胞周期进展关键调控蛋白 Cyclin D1，以及与之相关的 Wnt 信号通路的下游基因 c-myc 的表达。此外，和磊等^[77]研究发现金钗石斛脂溶性生物碱提取物对人结肠癌 HT-29 细胞的生长具有抑制作用，并能通过线粒体凋亡途径诱导细胞凋亡，使细胞周期阻滞于 G_2 期。

3.3 降血糖作用

张明辉等^[78]发现金钗石斛总生物碱可以降低 db/db 小鼠血糖，其机制与改善胰岛素抵抗有关；金钗石斛总生物碱可延缓 db/db 小鼠胰腺组织端粒长度缩短，其机制可能与上调端粒酶活性及端粒酶逆转录酶、端粒酶 RNA 组分 (TERC) mRNA 表达，增加端粒保护蛋白 1 (POT1)、端粒结合因子 2 (TFR2) 蛋白表达，下调 TRF1 蛋白表达水平有关。

3.4 调血脂作用

Jiang 等^[24]从香花羊耳蒜中提取分离得到 3 个吡咯里西啶类生物碱 (liparisalkaloid)，同时在体外实验中发现，与对照组相比香花羊耳蒜碱 A (35)、B (36) 能极显著降低 HepG2 细胞中三酰甘油含量 ($P<0.001$)，香花羊耳蒜碱 C (37) 能显著降低 HepG2 细胞中三酰甘油含量 ($P<0.01$)，香花羊耳蒜碱 A~C 表现出潜在的调血脂作用。

3.5 细胞毒性

Jao 等^[79]研究发现从鹤顶属植物紫花鹤顶兰中提取分离的吡啶喹唑酮型生物碱 phaitanthrin A (103) 和色胺酮 (100) 对乳腺癌 MCF-7、肺癌

NCI-H460 和神经瘤 SF-268 细胞显示出中等强度的细胞毒性，其中 phaitanthrin A 的 IC_{50} 值分别为 33.8、27.0、43.9 $\mu\text{mol/L}$ ，色胺酮的 IC_{50} 值分别为 11.1、9.0、24.4 $\mu\text{mol/L}$ 。Hiroshi 等^[59]研究显示从石斛中分离到的生物碱成分 mubironine C (5) 对小鼠白血病 L1210 细胞有中等强度细胞毒性 ($IC_{50}=2.6 \text{ mg/mL}$)。

3.6 治疗阿尔茨海默病作用

石杉碱甲 (139) 是一种高效、特异性强、可逆的胆碱酯酶抑制剂^[80]。石杉碱甲可通过抑制乙酰胆碱酯酶的活性，减少乙酰胆碱在突触后膜的分解，使其在突触后膜堆积，激活其相应受体，使胆碱功能增强。另外，石杉碱甲通过补充乙酰胆碱前体，增加乙酰胆碱的合成，兴奋胆碱能神经元，从而增强阿尔茨海默病患者学习记忆能力，改善认知行为功能。石杉碱甲已获国家食品药品监督管理局的批准在国内用于阿尔茨海默病临床治疗，商品名哈伯因。

3.7 毒覃碱 M_3 受体阻断作用

Yoshitaka 等^[14]研究发现从杜鹃兰 70%乙醇提取物中分离出的 1 个吡咯里西啶类生物碱 cremastrine (50) 可以选择性阻断毒覃碱 M_3 受体。该生物碱可以阻断氚标记的东莨菪碱 ($[^3\text{H}]\text{-NMS}$) 与毒覃碱 M_3 受体的结合，其 IC_{50} 值为 594 nmol/L，且无 M_3 受体拮抗剂所带来的中枢神经系统副作用。

4 结语

兰科植物中有我国常用中药，随着植物化学研究的不断深入，对其化学成分和药理作用机制的研究越来越广泛，尤其是生物碱类成分，其抗炎、调

血脂、降血糖、改善记忆等药理活性受到国内外学者的关注。我国兰科植物资源丰富,且有着悠久的历史使用历史,兰科植物的药用价值还需进一步挖掘,对其生物碱类物质及其活性的研究将为兰科植物药用资源的开发及药效物质基础的研究提供更多的参考。

参考文献

- [1] Chase M W, Cameron K M, Freudenstein J V, *et al.* An updated classification of Orchidaceae [J]. *Botan J Linnean Soc*, 2015, 177(2): 151-174.
- [2] 申 勇. 杜鹃兰 *Cremastra appendiculata* 化学成分及抗肿瘤活性研究 [D]. 保定: 河北大学, 2007.
- [3] 林 松, 高 欢, 张 帅, 等. 杜鹃兰化学成分及神经保护活性研究 [J]. *中草药*, 2016, 47(21): 3779-3786.
- [4] 李 燕, 王春兰, 王芳菲, 等. 铁皮石斛中的酚酸类及二氢黄酮类成分 [J]. *中国药理学杂志*, 2010, 45(13): 975-979.
- [5] 张爱莲, 于 敏, 徐宏化, 等. 齿瓣石斛的化学成分及其抗氧化活性 [J]. *中国中药杂志*, 2013, 38(6): 844-847.
- [6] 孟志霞, 董海玲, 王春兰, 等. 齿瓣石斛化学成分研究 [J]. *中国药理学杂志*, 2013, 48(11): 855-859.
- [7] 汪代芳, 俞桂新, 赵宁毅, 等. 金钗石斛茎的化学成分研究 [J]. *中草药*, 2012, 43(8): 1492-1495.
- [8] 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.
- [9] Elander M, Leander K, Luning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. XIV. A phthalide alkaloid from *Dendrobium pierardii* Roxb. [J]. *Acta Chem Scand*, 1969, 23(6): 2177-2178.
- [10] Nishikawa K, Miyamura M, Hirata Y. Chemotaxonomical alkaloid studies structures of *Liparis* alkaloids [J]. *Tetrahedron*, 1969, 25(13): 2723-2741.
- [11] Nishikawa K, Hirata Y. Chemotaxonomical alkaloid studies III. Further studies of *Liparis* alkaloids [J]. *Tetrahedr Lett*, 1968, 9(60): 6289-6291.
- [12] Jao C W, Hung T H, Chang C F, *et al.* Chemical constituents of *Phaius mishmensis* [J]. *Molecule*, 2016, 21(11): 1605-1615.
- [13] Chang C F, Hsu Y L, Lee C Y, *et al.* Isolation and cytotoxicity evaluation of the chemical constituents from *Cephalantheropsis gracilis* [J]. *Int J Mol Sci*, 2015, 16(2): 3980-3989.
- [14] Yoshitaka I, Hikaru N, Tamotsu F, *et al.* Cremastrine, a pyrrolizidine alkaloid from *Cremastra appendiculata* [J]. *J Nat Prod*, 2005, 68(4): 572-573.
- [15] Yasuo I, Yoshisuke T, Takeshi K, *et al.* Shihunine: A new phthalide-pyrrolidine alkaloid [J]. *Chem Pharm Bull*, 1964, 12(6): 749-750.
- [16] 李满飞, 平田義正, 徐国钧, 等. 粉花石斛化学成分研究 [J]. *药理学学报*, 1991, 26(4): 307-310.
- [17] Leete E, Bodem G B. Biosynthesis of shihunine in *Dendrobium pierardii* [J]. *J Am Chem Soc*, 1976, 98(20): 6321-6325.
- [18] Ekevåg U, Elander M, Gawell L, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXXIII. Two new alkaloids, *N*-cis- and *N*-trans-cinnamoylnorcuskygrine from *Dendrobium chrysanthum* Wall [J]. *Acta Chem Scand*, 1973, 27(6): 1982-1986.
- [19] Luning B, Leander K. Studies on Orchidaceae alkaloids. III. The alkaloids in *Dendrobium primulinum* Lindl. and *Dendrobium chrysanthum* Wall [J]. *Acta Chem Scand*, 1965, 19(7): 1607-1609.
- [20] Nishikawa K, Hirata Y. Chemotaxonomical alkaloid studies. I. Structure of nervosine [J]. *Tetrahedr Lett*, 1967, 8(27): 2591-2596.
- [21] 赵 颖, 胡少南, 王昌华, 等. 见血青化学成分研究 [J]. *中草药*, 2013, 44(21): 2955-2959.
- [22] Huang S, Zhou X L, Wang C J, *et al.* Pyrrolizidine alkaloids from *Liparis nervosa* with inhibitory activities against LPS-induced NO production in RAW264.7 macrophages [J]. *Phytochemistry*, 2013, 93(1): 154-161.
- [23] Huang S, Zhong D X, Shan L H, *et al.* Three new pyrrolizidine alkaloids derivatives from *Liparis nervosa* [J]. *Chin Chem Lett*, 2016, 27(5): 757-760.
- [24] Jiang P, Liu H D, Xu X H, *et al.* Three new alkaloids and three new phenolic glycosides from *Liparis odorata* [J]. *Fitoterapia*, 2015, 107: 63-68.
- [25] Lindström B, Luning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. XXIII. Alkaloids from *Liparis loeselii* (L.) L. C. Rich. and *Hammarbya paludosa* (L.) O. K [J]. *Acta Chem Scan*, 1971, 25(3): 895-897.
- [26] Lindstrom B, Luning B, Siirala-Hansen K. Studies on Orchidaceae alkaloids. 26. A new glycosidic alkaloid from *Malaxis grandifolia* Schltr. [J]. *Acta Chem Scand*, 1971, 25(5): 1900-1903.
- [27] Leander K, Luning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. VII. Structure of a glucosidic alkaloid from *Malaxis congesta* comb. nov. (Rchb. f.) [J]. *Tetrahedr Lett*, 1967, 8(36): 3477-3478.
- [28] 胡少南. 见血青化学成分研究与品质评价 [D]. 重庆: 重庆理工大学, 2014.
- [29] Luning B, Tränkner H. Studies on Orchidaceae alkaloids. II. Structure of alkaloids in *Chysis bracteescens* Lindl. [J]. *Tetrahedr Lett*, 1965, 6(14): 921-922.

- [30] Lüning B J, Tränkner H. Studies on Orchidaceae Alkaloids. X. A pyrrolizidine alkaloid from *Chysis bractescens* Lindl. [J]. *Acta Chem Scan*, 1968, 22(7): 2324-2328.
- [31] Brandänge S, Granelli I. Studies on Orchidaceae alkaloids. XXXVI. Alkaloids from some *Vanda* and *Vandopsis* species [J]. *Acta Chem Scand*, 1973, 27(3): 1096-1097.
- [32] Brandänge S, Lüning B, Moberg C, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXIV. A pyrrolizidine alkaloid from *Phalaenopsis cornu-cervi* Rchb. f. [J]. *Acta Chem Scand*, 1971, 25(1): 349-350.
- [33] Brandänge S, Lüning B, Moberg C, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXX. Investigation of fourteen *Phalaenopsis* species. A new pyrrolizidine alkaloid from *Phalaenopsis equestris* Rchb. f. [J]. *Acta Chem Scand*, 1972, 26(6): 2558-2560.
- [34] Brandänge S, Granelli I, Lüning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. 18. Isolation of phalaenopsin La from *Kingiella taenialis* (Lindl.) Rolfe. [J]. *Acta Chem Scand*, 1970, 24(1): 354.
- [35] Frolich C, Hartmann T, Ober D. Tissue distribution and biosynthesis of 1,2-saturated pyrrolizidine alkaloids in *Phalaenopsis hybrids* (Orchidaceae) [J]. *Phytochemistry*, 2006, 67(14): 1493-1502.
- [36] Li Y, Zhang F, Wu Z H, *et al.* Nitrogen-containing bibenzyls from *Pleione bulbocodioides*: Absolute configurations and biological activities [J]. *Fitoterapia*, 2015, 102: 120-126
- [37] Aiko I, Ryoji K, Kazuo Y, *et al.* Aliphatic and aromatic glucosides from *Anoectochilus koshunensis* [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33(5): 1133-1137.
- [38] 黄可可. 金线莲活性成分分析和质量标准的研究 [D]. 福州: 福建医科大学, 2012.
- [39] Brandänge S, Lüning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. XVII. Alkaloids from *Vandopsis longicaulis* Schltr [J]. *Acta Chem Scand*, 1970, 24(1): 353-354.
- [40] Elander M, Leander K, Rosenblom J, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXXII. Crepidine, crepidamine and dendrocrepine, three alkaloids from *Dendrobium crepidatum* Lindl [J]. *Acta Chem Scand*, 1973, 27(6): 1907-1913.
- [41] Hu Y, Zhang C F, Zhao X, *et al.* (±)-Homocrepidine A, a pair of anti-inflammatory enantiomeric octahydroindolizine alkaloid dimers from *Dendrobium crepidatum* [J]. *J Nat Prod*, 2016, 79(1): 252-256.
- [42] Han M H, Yang X W, Jin Y P. Novel triterpenoid acyl esters and alkaloids from *Anoectochilus burghii* [J]. *Phytochemical Analysis*, 2008, 19(5): 438-443.
- [43] Toshiyuki M, Akinobu K, Tetsuo S, *et al.* Chemical constituents of two oriental orchids, *Calanthe discolor* and *C. liukuensis*: Precursor indole glycoside of tryptanthrin and indirubin [J]. *Heterocycles*, 2001, 54(2): 957-966.
- [44] Wu P L, Hsu Y L, Jao C W. Indole alkaloids from *Cephalantheropsis gracilis* [J]. *J Nat Prod*, 2006, 69(10): 1467-1470.
- [45] Wu Y T, Hsu Y L, Wu P L. Two indolotryptanthrin alkaloids from *Cephalantheropsis gracilis* [J]. *Heterocycles*, 2008, 75(5): 1191-1197.
- [46] Chen K K, Chen A L. The alkaloid of Chin-Shih-Hu [J]. *J Biol Chem*, 1935, 111: 653-512.
- [47] Granelli I, Leander K, Lüning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. XVI. A new alkaloid, 2-hydroxydendrobine, from *Dendrobium findlayanum* Par. et Rchb. f [J]. *Acta Chem scand*, 1970, 24(4): 1209-1212.
- [48] Inubushi Y, Nakano J. Structure of dendrine [J]. *Tetrahedr Lett*, 1965, 6(31): 2723-2728.
- [49] Elander M, Leander K. Studies on Orchidaceae alkaloids. XXI. 6-Hydroxynobiline, a new alkaloid from *Dendrobium hildebrandii* Rolfe [J]. *Acta Chem Scand*, 1971, 25(2): 717-720.
- [50] Meng C W, He Y L, Peng C, *et al.* Picrotoxane sesquiterpenoids from the stems of *Dendrobium nobile* and their absolute configurations and angiogenesis effect [J]. *Fitoterapia*, 2017, 121: 206-211.
- [51] Wang H k, Zhao T F, Che C T. Dendrobine and 3-hydroxy-2-oxodendrobine from *Dendrobium nobile* [J]. *J Nat Prod*, 1985, 48(5): 796-801.
- [52] Toshihiko O, Mitsutaka N, Tadamas O, *et al.* The structure of dendroxine, the third alkaloid from *Dendrobium nobile* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1966, 14(6): 672-675.
- [53] Toshihiko O, Mitsutaka N, Tadamas O, *et al.* The structure of dendramine (6-oxydendrobine) and 6-oxydendroxine, the fourth and fifth alkaloid from *Dendrobium nobile* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1966, 14(6): 676-680.
- [54] Toshihiko O, Mitsutaka N, Tadamas O, *et al.* Further studies on the alkaloidal constituents of *Dendrobium nobile* (Orchidaceae)-structure determination of 4-hydroxy-dendroxine and nobilomethylene [J]. *Chem Pharm Bull*, 1972, 20(2): 418-421.
- [55] Hedman K, Leander K. Studies on Orchidaceae alkaloids. XXVII. Quaternary salts of the dendrobine type from *Dendrobium nobile* Lindl. [J]. *Acta Chem Scand*, 1972,

- 26(8): 3177-3180.
- [56] Blomqvist L, Brandänge S, Gawell L, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXXVII. Dendrowardine, a quaternary alkaloid from *Dendrobium wardianum* Warner [J]. *Acta Chem Scand*, 1973, 27(4): 1439-1441.
- [57] Liu Q F, Zhao W M. A new dendrobine-type alkaloid from *Dendrobium nobile* [J]. *Chin Chem Lett*, 2003, 14(3): 278-279.
- [58] Yang D, Cheng Z Q, Yang L, *et al.* Seco-dendrobine-type alkaloids and bioactive phenolics from *Dendrobium findlayanum* [J]. *J Nat Prod*, 2018, 81(2): 227-235.
- [59] Hiroshi M, Masako F, Naotoshi Y, *et al.* New picrotoxinin type and dendrobine type sesquiterpenoids from *Dendrobium Snowflake* 'Red Star' [J]. *Tetrahedron*, 2000, 56(32): 5801-5805.
- [60] Shosuke Y, Yoshimasa H. Structures of nobiline and dendrobine [J]. *Tetrahedr Lett*, 1964, 5(2): 79-87.
- [61] Hedman K, Leander K, Luning B. Studies on Orchidaceae alkaloids. XXV. *N*-isopentenyl derivatives of dendroxine and 6-hydroxydendroxine from *Dendrobium friedricksianum* Lindl. and *Dendrobium hildebrandii* Rolfe [J]. *Acta Chem scand*, 1971, 25(3): 1142-1144.
- [62] Liu W H, Hua Y F, Zhan Z J. Moniline, a new alkaloid from *Dendrobium moniliforme* [J]. *J Chem Res*, 2007, doi: 10.3184/030823407X218048.
- [63] Zhang C; Liu S J, Yang L, *et al.* Sesquiterpene amino ether and cytotoxic phenols from *Dendrobium wardianum* Warner [J]. *Fitoterapia*, 2017, 122: 76-79.
- [64] 尹泽楠, 徐柯心, 樊娇娇, 等. 中国兰科开唇兰属植物化学成分研究进展 [J]. *环球中医药*, 2016, 9(9): 1153-1160.
- [65] Agurell S, Granelli I, Leander K, *et al.* Studies on Orchidaceae alkaloids. XXXIX. Isolation of (-)-cryptostyline I, II, III and two quaternary salts from *Cryptostylis erythroglossa* Hayata. Biosynthetic studies of (-)-cryptostyline I [J]. *Acta Chem Scand*, 1974, 28B(2): 233-238.
- [66] Leander K, Luning B, Ruusa E. Studies on Orchidaceae alkaloids. XI. Three 1-phenyl-1, 2, 3, 4-tetrahydroisoquinolines from *Cryptostylis fulva* Schltr [J]. *Acta Chem Scand*, 1969, 23(1): 244-248.
- [67] Song L Y, Huang F, Wang Y, *et al.* New alkaloid and aromatic glucoside from the flowers of *Cymbidium lunagrad* eternal green [J]. *Molecules*, 2018, 23(1): 99-106.
- [68] Thomas H, Ian D S. Biosynthesis of anosmine: Incorporation of the intact six-carbon chain of lysine and of pipecolic acid [J]. *J Nat Prod*, 1993, 56(8): 1281-1287.
- [69] 王 莉, 肖红斌, 梁鑫淼. 天麻化学成分研究 (III) [J]. *中草药*, 2009, 40(8): 1186-1189.
- [70] Hu Y, Ren J, Wang L, *et al.* Protective effects of total alkaloids from *Dendrobium crepidatum* against LPS-induced acute lung injury in mice and its chemical components [J]. *Phytochemistry*, 2018, 149: 12-23.
- [71] Zhou B X, Yang Z F, Feng Q T, *et al.* Aurantiamide acetate from *baphicacanthus cusia* root exhibits anti-inflammatory and anti-viral effects via inhibition of the NF-kappa B signaling pathway in influenza a virus-infected cells [J]. *J Ethnopharmacol*, 2017, 199: 60-67.
- [72] 王福银, 杜 倩, 孔丽娟, 等. 色胺酮抑制胸腺基质淋巴细胞生成素促肥大细胞增殖的药理机制 [J]. *中国现代医学杂志*, 2016, 26(18): 11-17.
- [73] Han R. High light on the studies of anticancer drugs derived from plants in China [J]. *Stem Cells*, 1994, 12(1): 53-63.
- [74] Xiao Z, Hao Y, Liu B, *et al.* Indirubin and meisoindigo in the treatment of chronic myelogenous leukemia in China [J]. *Leuk Lymph*, 2002, 43(9): 1763-1768.
- [75] Williams S P, Nowicki M O, Liu F, *et al.* Indirubins decrease glioma invasion by blocking migratory phenotypes in both the tumor and stromal endothelial cell compartments [J]. *Cancer Res*, 2011, 71(16): 5374-5380.
- [76] 魏云飞, 苏 健, 邓仲磊, 等. 靛玉红对前列腺癌 PC-3 细胞增殖的抑制作用 [J]. *中华男科学杂志*, 2015, 21(9): 788-791.
- [77] 和 磊, 罗 婧, 王亚芸, 等. 金钗石斛脂溶性生物碱提取物诱导人结肠 HT-29 细胞凋亡 [J]. *食品工业科技*, 2017, 38(3): 170-174.
- [78] 张明辉. 金钗石斛总生物碱对 db/db 小鼠血糖的影响及机制研究 [D]. 遵义: 遵义医学院, 2016.
- [79] Jao C W, Lin W C, Wu Y T, *et al.* Isolation, structure elucidation, and synthesis of cytotoxic tryptanthrin analogues from *Phaius mishmensis* [J]. *J Nat Prod*, 2008, 71(7): 1275-1279.
- [80] 王许杰, 章海燕. 石杉碱甲改善认知功能的临床研究进展 [J]. *中国新药与临床杂志*, 2012, 31(12): 707-712.