

圆滑番荔枝的化学成分及生物活性研究进展

姜盼^{1,2}, 陈锴^{1,2}, 程宝奇^{1,2}, 黄文华^{2*}, 张晶^{1*}, 余竞光²

1. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118

2. 中国医学科学院 中国协和医科大学药用植物研究所, 北京 100193

摘要: 圆滑番荔枝为番荔枝属植物, 民间常用作杀虫药和驱虫剂。从圆滑番荔枝分离到的化学成分主要有番荔枝内酯类、萜类、环肽、生物碱等, 其中番荔枝内酯类化合物占大多数。圆滑番荔枝具有抗肿瘤、杀虫、抗菌、阻碍孢子萌发等多种生物活性, 应用前景广阔。为更好地挖掘圆滑番荔枝的药用价值及进一步开发利用, 现对其化学成分和生物活性研究进展进行综述, 以提供参考。

关键词: 圆滑番荔枝; 番荔枝内酯; 环肽; 抗肿瘤; 驱虫活性

中图分类号: R282.71 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2011)12-2564-07

Advances in studies on chemical constituents and bioactivities of *Annona glabra*

JIANG Pan^{1,2}, CHEN Kai^{1,2}, CHENG Bao-qi^{1,2}, HUANG Wen-hua², ZHANG Jing¹, YU Jing-guang²

1. College of Traditional Chinese Medicinal Materials, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

Key words: *Annona glabra* Linn.; annonaceous acetogenins; cyclic peptides; antitumor; insecticidal activity

圆滑番荔枝 *Annona glabra* Linn. 又称光叶番荔枝, 系番荔枝科 (Annonaceae) 番荔枝属 (*Annona* Linn.) 植物。该植物原产热带美洲, 我国广东、云南、广西、浙江、海南、台湾、香港省有引种栽培^[1]。其在传统医药中作为杀虫药和驱虫剂^[2]。

对圆滑番荔枝的研究最早开始于 20 世纪 80 年代末, 从种子中分离得到 3 个具邻四氢呋喃番荔枝内酯 (bis-THF AAGs): squamocin、asimicin 和 desacetylavaricin^[3]。之后陆续从其树皮、种子、果实等不同部位分离到一些化合物, 如萜类、环肽、生物碱等, 具有多种生物活性, 特别是番荔枝内酯 (annonaceous acetogenins, AAGs), 其抗肿瘤活性尤其引人关注。由于 AAGs 结构独特, 并具有作用于线粒体干扰能量代谢的功能, 可选择性地对肺、乳腺、结肠、前列腺、胰腺、KB 等肿瘤产生细胞毒性, 因而, 是一类具有开发潜力的抗癌活性成分。为了进一步研究和开发利用该种植物, 本文将化学成分和生物活性研究进展进行综述。

1 化学成分

1.1 番荔枝内酯类化合物

AAGs 是一类具有长碳链的脂肪酸内酯。其基本化学结构为 35~37 个碳原子构成的化合物骨架, 分子中含有 0~3 个四氢呋喃环 (tetrahydrofuran, THF), 末端有 1 个甲基取代或经重排的 γ -内酯环和 2 条连接这些部分的长直链烷基, 在碳链上还常常带有一些立体化学多变的含氧官能团 (羟基、酮基、乙酰氧基、环氧结构等) 或者双键^[4]。根据 THF 的数目、排列方式及羟基位置, 可将番荔枝内酯分为邻叁四氢呋喃环型、邻双四氢呋喃环型、非邻双四氢呋喃环型、单四氢呋喃环型和无四氢呋喃环型 5 大类。目前已报道从该植物中分离鉴定出 40 多个番荔枝内酯类化合物, 其结构类型主要属于单四氢呋喃环型和邻双四氢呋喃环型, 主要结构类型见图 1, 化合物见表 1。

1.2 二萜类化合物

番荔枝属植物中的二萜类化合物包括贝壳杉烯型和贝壳杉烷型等, 药理研究表明^[16-17]贝壳杉烷型

收稿日期: 2011-07-26

基金项目: 科技部“重大新药创制”科技重大专项——创新药物研究开发“候选药物研究”(2009ZX09103-390)

作者简介: 姜盼, 在读研究生, 研究方向为天然产物与新药研发。

*通讯作者 黄文华 Tel: (010)62895049 Fax: (010)62899728 E-mail: hwhzh69@sohu.com

张晶 Tel: (0431)84532803 Fax: (0431)8453306 E-mail: zhjing0701@sina.com

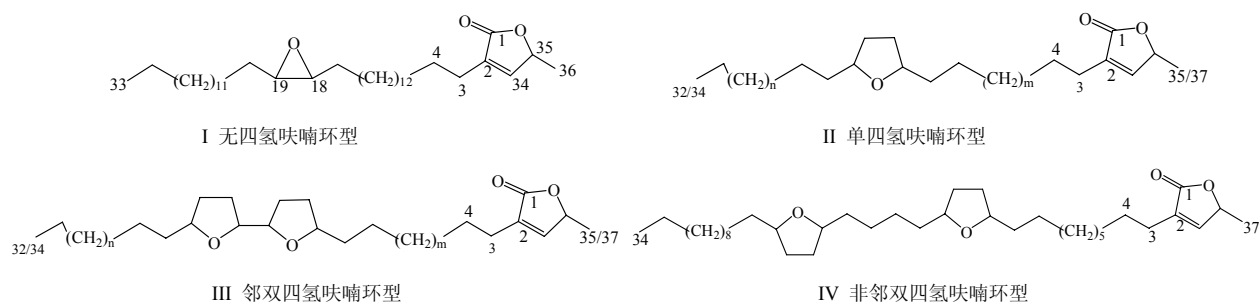


图1 圆滑番荔枝植物中番荔枝内酯类化合物的类型

Fig. 1 Type of annonaceous acetogenins compounds in *A. glabra*

二萜类成分具有较强的抑制肿瘤细胞的作用。目前已从圆滑番荔枝中分离得到了34个二萜类化合物,多为贝壳杉烷型二萜结构类型,偶见1个二聚体化合物(16-16')-bis-16 β -hydro-*ent*-kaurane和3个贝壳杉烯型化合物。结构类型见图2,化合物见表2。

1.3 环肽类化合物

天然环肽是一类由天然氨基酸构成的大环骨架,广泛存在于高等植物、真菌和海洋天然产物中。许多环肽都具有较强的生物活性,如抗真菌、抗病毒、抗肿瘤和抑制蛋白质合成等。Li等^[23-24]从圆滑番荔枝的种子提取物中分离得到4个环肽化合物:glabrin A、glabrin B、glabrin C、glabrin D。具体结构见图3。

1.4 生物碱类化合物

在番荔枝科植物中发现了多种生物碱类化合物,且结构类型多样,如吲哚类、异喹啉类、阿朴啡类等,大多数具有一定的抗微生物和细胞毒活性。Chang等^[25]从该植物果实和茎的提取物中分得13个生物碱类化合物。具体化学结构见图4和表3。

1.5 其他

另外,还从圆滑番荔枝中分离得到胡萝卜苷^[21]、 β -谷甾醇^[19,21]、豆甾醇^[19,25]、 β -sitosteryl-*D*-glucoside^[19,25]、6-*O*-palmitoyl- β -sitosteryl-*D*-glucoside^[25]、棕榈酸酰胺^[6]、硬脂酸酰胺^[6]、花生酸酰胺^[6]、阿魏酰酪胺^[25]、*N-p*-coumaroyltyramine^[25]及blumenol A^[25]等。

2 生物活性

2.1 抗肿瘤作用

近年来,通过对多种肿瘤细胞株体内外实验的研究表明,从圆滑番荔枝中分离得到的大多数AAGs具有较强的抗肿瘤作用,并且抗癌谱广。Liu等对从圆滑番荔枝叶乙醇提取物分得的glacin A^[8]、glacin B^[8]、glabracin A^[9]、glabracin B^[9]、

annoglacin A^[11]、annoglacin B^[11]、annoglacin^[13]、27-hydroxybullatacin^[13]、6-OH-desacetylurvaricin^[14]、6-OH-4-deoxysquamotacin^[14]10种AAGs进行人实体瘤细胞毒性试验(MTT),结果发现此类化合物对乳腺癌、前列腺癌和胰腺癌细胞毒性比阿霉素更具有选择性。研究表明,番荔枝内酯能抑制人乳腺癌细胞株MCF-7/Adr(阿霉素耐药型)的生长^[2]。

彭海燕等^[27]探讨了圆滑番荔枝的枝叶和茎枝提取物对小鼠移植性肉瘤S₁₈₀的抗肿瘤活性,结果其抑瘤率达64%~68%,活性明显。章永红等^[28]研究发现,圆滑番荔枝石油醚部分对小鼠移植性肉瘤S₁₈₀的抑瘤率可达51.4%,其93%乙醇提取物对小鼠肝癌H₂₂的抑瘤率可达63%。圆滑番荔枝贝壳杉二萜类化合物对人肝癌细胞株(SMMC-7721)有显著的抑制作用,能诱导SMMC-7721肝癌细胞凋亡,72 h IC₅₀为47.1 μ mol/L,其抑制作用呈时间依赖性^[17]。

2.2 驱虫和杀虫活性

圆滑番荔枝为传统的民间驱虫剂。Ohsawa等^[3]从该植物种子乙醚提取物分得3个AAGs:squamocin、asimicin和desacetylurvaricin,对昆虫*Callosobuchus cinensis*的杀虫活性LD₅₀ 0.4~3 μ g。种子粗提物和squamocin对蝉属*Nephotettix inciticeps*等昆虫有致死、拒食、生长抑制作用。另有文献报道^[2]从圆滑番荔枝茎皮的己烷提取部分得到的粗提物(AGN)、(-)-kaur-16-en-19-oic acid对捻转血矛线虫*Haemonchus contortus*、甘薯象虫*Cylas formicarius*具有杀虫活性,1%AGN浓缩液和0.25%(-)-kaur-16-en-19-oic acid杀死捻转血矛线虫分别需要16和7 min;1%AGN浓缩液作用甘薯象虫,5 d后死亡率为60%,1%(-)-kaur-16-en-19-oic acid溶液作用甘薯象虫,7 d后死亡率为50%。

表 1 圆滑番荔枝植物中的番荔枝内酯类化合物

Table 1 Annonaceous acetogenins compounds in *A. glabra*

编号	化合物	THF 立体化学	结构类型及羟基位置	双键位置	部位	参考文献
1	expoxyrolin B		I		种子	5
2	glabrencin A	th/t/th	II: 13, 18	C ₂₁ =C ₂₂	种子	6
3	bullatencin	th/t/th	II: 15, 20	C ₂₃ =C ₂₄	种子	6
4	glabrencin B	th/t/th	II: 17, 22	C ₂₅ =C ₂₆	种子	6
5	glabranin	t/th/th/c	II: 4, 16, 19, 20	C ₂₃ =C ₂₄	种子	7
6	muricatetrocin-B	t/th/th	II: 4, 16, 19, 20		种子	7
7	gigantetronenin	t/th/th/c	II: 4, 14, 17, 18	C ₂₁ =C ₂₂	种子	7
8	gigantetrocin-A	t/th/th	II: 4, 14, 17, 18		种子	7
9	uvariamicin-I	th/t/th	II: 15, 20		种子	6
10	uvariamicin-II	th/t/th	II: 17, 22		种子	6
11	uvariamicin-III	th/t/th	II: 19, 24		种子	6
12	reticulatain-I	th/t/er	II: 17, 22		种子	6
13	glacin A	th/t/th	II: 4, 12, 17, 22		叶	8
14	glacin B	th/t/er	II: 4, 12, 15, 20		叶	8
15	javoricin	th/t/th	II: 4, 12, 15, 20		叶	9
16	annonacin	th/t/th	II: 4, 10, 15, 20,		种子、树皮	7,10
17	annonacinone	th/t/th	II: 4, 15, 20	C=O:10	种子	7
18	corossolin	th/t/th	II: 10, 15, 20		种子	7
19	corossolone	th/t/th	II: 15, 20	C=O:10	种子、树皮	7,10
20	solamin	th/t/th	II: 15, 20		树皮	10
21	annoglacin A	th/t/er	II: 4, 12, 17, 22		叶	11
22	annoglacin B	th/t/th	II: 4, 12, 17, 22		叶	11
23	annomontacin	th/t/th	II: 4, 10, 17, 22		果实	12
24	annoglaxin	th/t/th	II: 8, 15, 20, 22	C=O:12	叶	13
25	murisolin	th/t/th	II: 9, 15, 20		种子	5
26	desacetylvaricin	th/t/th/t/er	III: 15, 24		种子	6
27	4-deoxyasimicin	th/t/th/t/th	III: 15, 24		种子	6
28	asimicin	th/t/th/t/th	III: 4, 15, 24		种子	6
29	bullatacin	th/t/th/t/er	III: 4, 15, 24		种子	6
30	squamocin	th/t/th/t/er	III: 15, 24, 28		种子	6
31	motrilin	th/t/th/t/er	III: 15, 24, 29		种子	6
32	glabracin A	th/t/th/t/er	III: 4, 10, 23, 24		叶	9
33	glabracin B	th/t/th/t/th	III: 4, 10, 23, 24		叶	9
34	molvizarin	th/t/th/t/er	III: 4, 13, 22		种子	7
35	parviflorin	th/t/th/t/th	III: 4, 13, 22		种子	7
36	27-hydroxybullatacin	th/t/th/t/er	III: 4, 15, 24, 27		叶	13
37	6-OH-desacetylvaricin	th/t/th/t/er	III: 6, 15, 24		叶	14
38	6-OH-4-deoxysquamotacin	th/t/th/t/er	III: 6, 13, 22		叶	14
39	laherradurin	th/t/th/t/er	III: 15, 24, 35		种子	7
40	itrabin	th/t/th/t/er	III: 13, 22, 33		种子	7
41	cherimolin-2	t/th/th/t/th	IV: 4, 16, 19, 24		种子	6
42	4-desoxycherimolin-2	th/th/t/th	IV: 16, 19, 24		种子	15
43	bullatanocin	th/th/t/th	IV: 4, 16, 19, 24		叶	9

th-threo; er-erythro; t-trans; c-cis

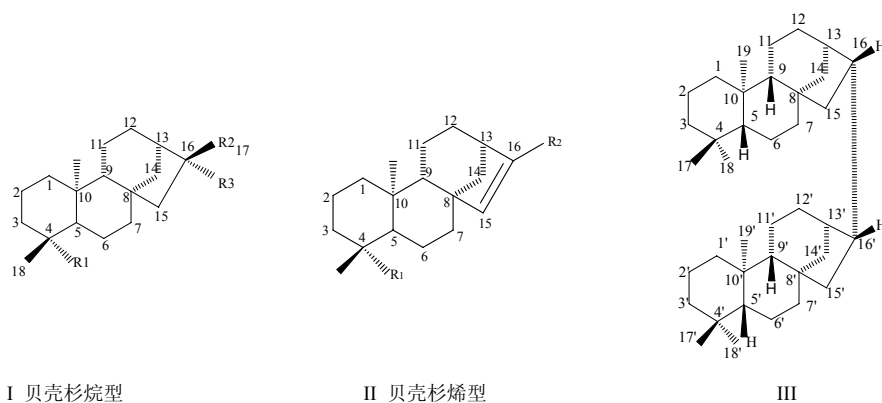


图 2 圆滑番荔枝植物中二萜类化合物的类型

Fig. 2 Types of diterpene compounds in *A. glabra*

表 2 圆滑番荔枝植物中的二萜类化合物

Table 2 Diterpene compounds in *A. glabra*

编号	化合物	结构类型及取代基 (R ₁ /R ₂ /R ₃)	部位	参考文献
1	methyl-16 β -acetoxy-19-al- <i>ent</i> -kauran-17-oate	I: CHO/OAc/COOCH ₃	果实	18
2	16 α -hydro-19-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CH ₂ OAc/COOH/H	果实	18
3	<i>ent</i> -kaur-16-en-19-oic acid	I: COOH/=CH ₂	果实	18
4	16 α , 17-dihydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/CH ₂ OH/OH	果实	18
5	16 β -hydroxy-17-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/OH/CH ₂ OAc	果实	18
6	16 β -hydro- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CH ₃ /H/COOH	果实	18
7	16 α -hydro- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CH ₃ /COOH/H	果实	18
8	<i>ent</i> -kaur-16-en-19-ol	I: CH ₂ OH/=CH ₂	果实	18
9	16 α -hydro-19-al- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CHO/COOH/H	果实	18
10	methyl-16 α -hydro-19-al- <i>ent</i> -kauran-17-oate	I: CHO/COOCH ₃ /H	果实	18
11	16 β -hydroxyl-17-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-al	I: CHO/OH/CH ₂ OAc	果实	18
12	16 β -hydro-17-hydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-al	I: CHO/H/CH ₂ OH	果实	19
13	16 α -hydro-17-hydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-al	I: CHO/CH ₂ OH/H	果实	19
14	16 β , 17-dihydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-al	I: CHO/OH/CH ₂ OH	果实	19
15	16 α -hydro-17-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-al	I: CHO/CH ₂ OAc/H	果实	19
16	16 α -hydro-19-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-17-al	I: CH ₂ OAc/CHO/H	果实	19
17	16 α -hydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/CH ₃ /OH	果实	19
18	16 α -hydro- <i>ent</i> -kauran-17, 19-dioic acid	I: COOH/COOH/H	果实	19
19	16 β , 17-dihydroxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/OH/CH ₂ OH	果实	19
20	16 α -acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid-17-methyl ester	I: COOH/COOCH ₃ /OAc	茎	20
21	16 α -acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-al-17-methyl ester	I: CHO/COOCH ₃ /OAc	茎	20
22	16 α -hydro-19-ol- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CH ₂ OH/COOH/H	茎	20
23	16 α -Methoxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/CH ₃ /OCH ₃	茎	20
24	16 α -hydro- <i>ent</i> -kauran-17, 19-dimethyl ester	I: COOCH ₃ /COOCH ₃ /H	茎	20
25	<i>ent</i> -kauran-16 α , 17-diol	I: CH ₃ /CH ₂ OH/OH	树皮	21
26	16 α -H- <i>ent</i> -kauran-17-oic acid	I: CH ₃ /COOH/H	树皮	21
27	19-hydroxy-16 α -(-)-kauran-17-oic acid	I: CH ₂ OH/COOH/H	树皮	21
28	16 α -hydroxy-17-acetoxy- <i>ent</i> -kauran-19-oic acid	I: COOH/CH ₂ OCOCH ₃ /OH	树皮	22
29	19-nor- <i>ent</i> -kauran-4 α -ol-17-oic acid	I: OH/COOH/H	果实	18
30	16 α -acetoxy-19-nor- <i>ent</i> -kauran-4 α -ol-17-methyl ester	I: OH/COOCH ₃ /OAc	茎	20
31	<i>ent</i> -kaur-15-ene-17, 19-diol	II: CH ₂ OH/CH ₂ OH	果实	18
32	<i>ent</i> -kaur-15-en-19-oic acid	II: COOH/CH ₃	果实	19
33	<i>ent</i> -kaur-15-en-17-ol-19-oic acid	II: COOH/CH ₂ OH	果实	19
34	(16-16')-bis-16 β -hydro- <i>ent</i> -kaurane	III	果实	12

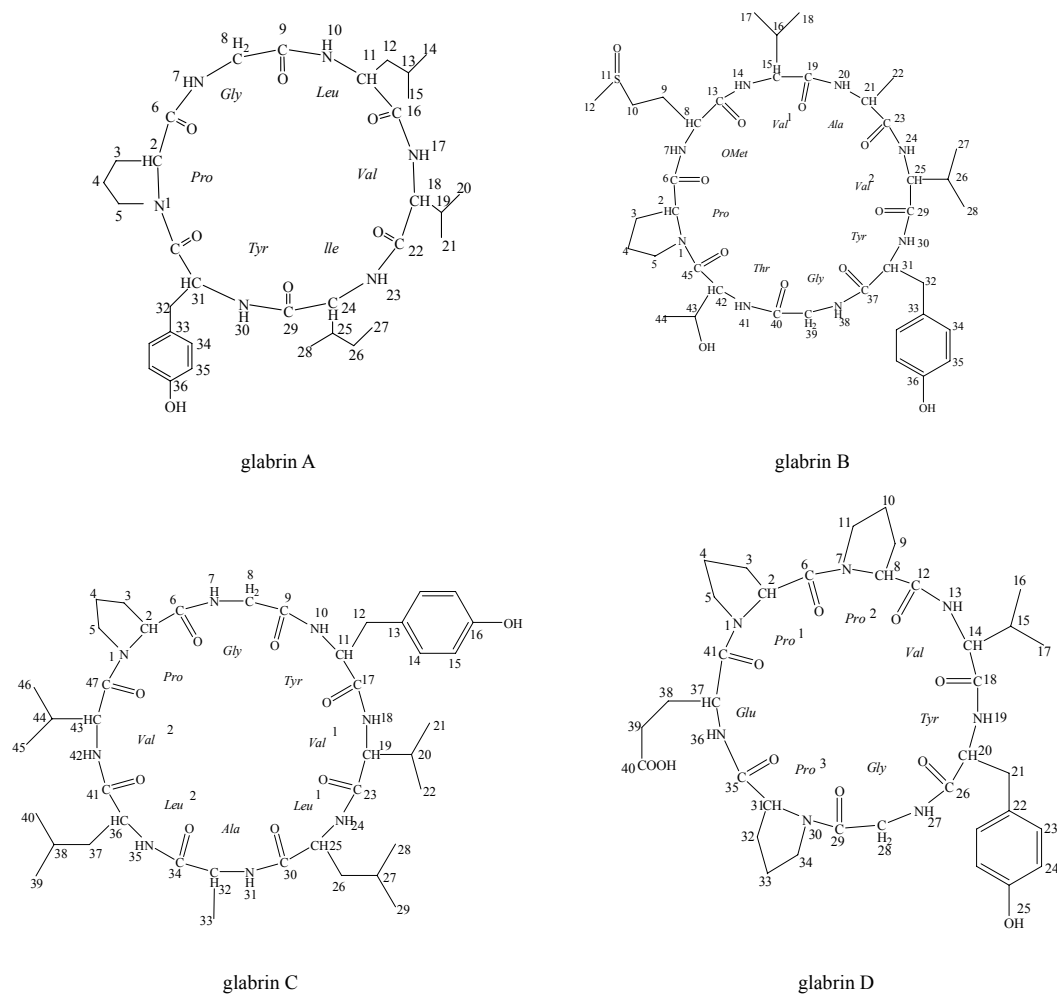


图3 圆滑番荔枝植物中环肽类化合物
Fig. 3 Cyclopeptide compounds in *A. glabra*

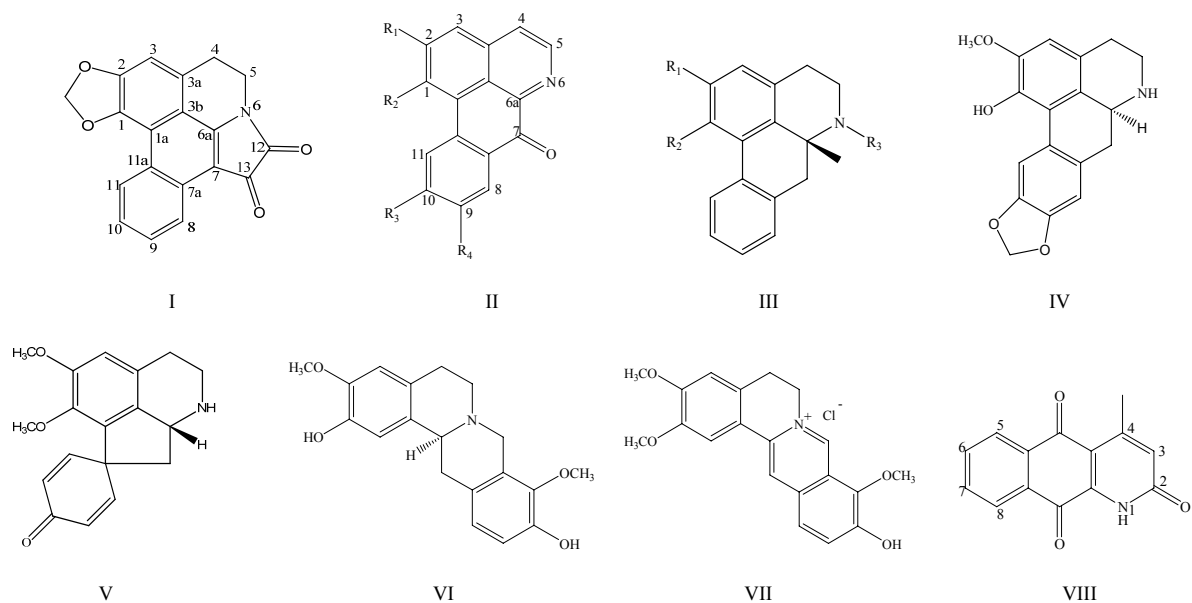


图4 圆滑番荔枝植物中生物碱类化合物的类型
Fig. 4 Types of alkaloid compounds in *A. glabra*

表 3 圆滑番荔枝植物中的生物碱类化合物

Table 3 Alkaloid compounds in *A. glabra*

编号	化合物	结构类型及取代基 (R ₁ /R ₂ /R ₃ /R ₄)	部位	参考文献
1	annobraine	I	果实、茎	25
2	liriodenine	II: -OCH ₂ O-/H/H	果实、茎	25
3	lysicamine	II: OCH ₃ /OCH ₃ /H/H	果实、茎	25
4	oxoglaucine	II: OCH ₃ /OCH ₃ /OCH ₃ /OCH ₃	树皮	26
5	(-)-normuciferine	III: OCH ₃ /OCH ₃ /H	果实、茎	25
6	(-)-anonaine	III: -OCH ₂ O-/H	果实、茎	25
7	(-)- <i>N</i> -formylanonaine	III: -OCH ₂ O-/COH	果实、茎	25
8	(-)-asimilobine	III: OH/OCH ₃ /H	果实、茎	25
9	(+)-nordomesticine	IV	果实、茎	25
10	(+)-stepharine	V	果实、茎	25
11	(-)-kikemanine	VI	果实、茎	25
12	dehydrocorydalmine	VII	果实、茎	25
13	1-aza-4-methyl-2-oxo-1, 2-dihydro-9, 10-anthracenedione	VIII	果实、茎	25

2.3 抗细菌作用

Padmaja 等^[2]研究了 AGN、(-)-kaur-16-en-19-oic acid 对酿脓葡萄球菌、短芽孢杆菌、伤寒沙门菌、大肠杆菌、克雷伯产气杆菌、假单胞菌和普通变形杆菌 7 种细菌的抑菌效果。结果发现 50 μg/μL AGN、25 μg/μL (-)-kaur-16-en-19-oic acid 对酿脓葡萄球菌、假单胞菌作用明显, 对其他 5 种细菌作用一般。

2.4 抗真菌作用

Padmaja 等^[2]研究了 AGN、(-)-kaur-16-en-19-oic acid 对白色念珠菌、黑曲霉、青霉菌、须毛癣菌、石膏样小孢子菌和絮状表皮癣菌的抑菌效果。结果发现, 除白色念珠菌外, 当 AGN 的质量浓度为 500 μg/μL 时, 能抑制其他 5 种真菌生长; 而(-)-kaur-16-en-19-oic acid 的质量浓度仅在 50 μg/μL 时就能抑制黑曲霉、青霉菌和须毛癣菌的生长。

2.5 抑制孢子萌发

研究发现^[2,29]AGN、(-)-kaur-16-en-19-oic acid 对砖红镰刀菌、*Cercospora henningsii* 有抑制孢子萌发作用。500 μg/μL AGN 对砖红镰刀菌孢子萌发的抑制率为 64%, 对 *C. henningsii* 的抑制率为 50%; 250 μg/μL (-)-kaur-16-en-19-oic acid 对砖红镰刀菌孢子萌发的抑制率达 66%, 对 *C. henningsii* 的抑制率为 62%。

3 结语

圆滑番荔枝含有多种活性成分, 生理活性广泛,

可用于药品、植物农药的开发, 具有广阔的应用前景。然而从目前的研究现状看, 还存在以下主要问题: (1) 对圆滑番荔枝的研究还不够系统和充分, 特别是对活性成分的研究尚待深入; (2) 对其主要化学成分的药理活性研究还不够全面, 有关药理活性的作用部位不甚明确、有效成分及其作用机制未能探明; (3) 开发利用研究甚少。以上是圆滑番荔枝今后研究的主要方向, 通过对其化学和生物活性的进一步研究, 挖掘其药用价值, 更好发挥其作用。

参考文献

- [1] 中国科学院华南植物研究所. 广东植物志 [M]. 第 2 卷. 广东: 科技出版社, 1980.
- [2] Padmaja V, Thankamany V, Hara N, *et al.* Biological activities of *Annona glabra* [J]. *J Ethnopharmacol*, 1995, 48: 21-24.
- [3] Ohsawa K, Atsuzawa S, Mitsui T, *et al.* Isolation and insecticidal activity of three acetogenins from seeds of pond apple, *Annona glabra* L. [J]. *J Pestic Sci*, 1991, 16: 93-96.
- [4] 陈 瑛, 于德泉. 抗癌有效成分番荔枝内酯化合物末端内酯环和四氢呋喃环的化学分类及 NMR 鉴别特征 [J]. *药学学报*, 1998, 33(7): 553-560.
- [5] 陈晓灵, 李 祥, 陈建伟. 光叶番荔枝种子的化学成分 [J]. *中国天然药物*, 2006, 4(3): 195-197.
- [6] 孙 兰, 朱久香, 余竞光, 等. 圆滑番荔枝种子化学成分研究 [J]. *药学学报*, 2003, 38(1): 32-36.

- [7] Gallardo T, Aragón R, Tormo J R, *et al.* Acetogenins from *Annona glabra* seeds [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(5): 811-816.
- [8] Liu X X, Alali F Q, Pilarinou E, *et al.* Glacins A and B: Two novel bioactive mono-tetrahydrofuran acetogenins from *Annona glabra* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61: 620-624.
- [9] Liu X X, Alali F Q, Hopp D C, *et al.* Glabracins A and B, two new acetogenins from *Annona glabra* [J]. *Bioorg Med Chem*, 1998, 6: 959-965.
- [10] 陈文森, 姚祝军, 吴毓林. 牛心果化学成分的研究 [J]. *有机化学*, 1995, 15: 85-88.
- [11] Liu X X, Alali F Q, Pilarinou E, *et al.* Two bioactive mono-tetrahydrofuran acetogenins, annoglacins A and B, from *Annona glabra* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 50(5): 815-821.
- [12] Chen C H, Hsieh T J, Liu T Z, *et al.* Annoglabayin, a novel dimeric kaurane diterpenoid, and apoptosis in Hep G2 cells of annomontacin from the fruits of *Annona glabra* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 67: 1942-1946.
- [13] Liu X X, Pilarinou E, McLaughlin J L, *et al.* Two novel acetogenins, annoglaxin and 27-hydroxybullatacin, from *Annona glabra* [J]. *J Nat Prod*, 1999, 62: 848-852.
- [14] Liu X X, Pilarinou E, McLaughlin J L, *et al.* Two novel bioactive adjacent bis-thf acetogenins from the leaves of *Annona glabra* [J]. *Nat Prod Lett*, 2000, 14(4): 255-263.
- [15] 李朝明, 孙汉董, 郑惠兰, 等. 滇产圆滑番荔枝中的番荔枝内酯 [J]. *云南植物研究*, 1995, 2(17): 221-224.
- [16] 夏国豪, 章永红, 潘良熹. 光叶番荔枝中二萜类化合物对人肝癌细胞株 SMMC-7721 生长的抑制 [J]. *江苏医药*, 2005, 31(4): 263-264.
- [17] 章永红, 王明艳, 张晓春, 等. 贝壳杉烷二萜单体抗肝癌作用的体外实验研究 [J]. *山东中医杂志*, 2005, 24(4): 234-236.
- [18] Chang F R, Yang P Y, Lin J Y, *et al.* Bioactive kaurane diterpenoids from *Annona glabra* [J]. *J Nat Prod*, 1998, 61: 437-439.
- [19] Hsieh T J, Wu Y C, Chen S C, *et al.* Chemical constituents from *Annona glabra* [J]. *J Chin Chem Soc*, 2004, 51(4): 869-876.
- [20] Chen C Y, Chang F R, Cho C P, *et al.* ent-Kaurane diterpenoids from *Annona glabra* [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63: 1000-1003.
- [21] 毕志明, 蒯玉花, 李 萍, 等. 圆滑番荔枝树皮中的化学成分 [J]. *江苏药学与临床研究*, 2006, 14(1): 38-39.
- [22] 蒯玉花, 毕志明, 李 萍, 等. 圆滑番荔枝树皮中一个新的贝壳杉烷型二萜 [J]. *林产化学与工业*, 2006, 26(2): 13-15.
- [23] Li C M, Tan N H, Mu Q, *et al.* Cyclopeptides from the seeds of *Annona glabra* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1293-1296.
- [24] Li C M, Tan N H, Zheng H L, *et al.* Cyclopeptides from the seeds of *Annona glabra* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 50(6): 1047-1052.
- [25] Chang F R, Chen C Y, Hsieh T J, *et al.* Chemical constituents from *Annona glabra* III [J]. *J Chin Chem Soc*, 2000, 47: 913-920.
- [26] 田丽娟, 韩 英, 孟正木, 等. 圆滑番荔枝的化学成分研究 [J]. *中国药科大学学报*, 2001, 32(1): 10-12.
- [27] 彭海燕, 章永红, 韩 英, 等. 光叶番荔枝提取物抗肿瘤作用的实验研究 [J]. *上海中医药大学学报*, 2004, 18(1): 52-53.
- [28] 章永红, 韩 英, 夏 东, 等. 光叶番荔枝提取物抗肿瘤作用研究 [J]. *南京中医药大学学报*, 2001, 17(5): 291-293.
- [29] Horsfall J C, Rich S. Fungi toxicity of sulphurbridged compounds [J]. *Indian Phytopathol*, 1953, 6: 1-13.