

• 综 述 •

龙胆属环烯醚萜类化学成分研究进展

董丽萍, 倪梁红, 赵志礼, 吴靳荣*

上海中医药大学中药学院, 上海 201203

摘 要: 龙胆属 *Gentiana* L. 是龙胆科 (Gentianaceae) 中最大的属。该属植物中含有大量具有药理活性的化学成分, 尤其富含环烯醚萜类成分, 这类成分具有较好的保肝、抗炎解热、抗病毒等药理作用。对龙胆属植物中环烯醚萜类化学成分进行了分类综述, 以期对龙胆属化学成分研究及药用资源的开发与利用提供参考。

关键词: 龙胆属; 龙胆科; 环烯醚萜; 裂环烯醚萜; 聚合环烯醚萜

中图分类号: R282.71 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2017)10-2116-13

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.10.030

Research progress on iridoids in *Gentiana* L.

DONG Li-ping, NI Liang-hong, ZHAO Zhi-li, WU Jin-rong

School of Pharmacy, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai 201203, China

Abstract: *Gentiana* L. is the largest genera in Gentianaceae. Plants in *Gentiana* L. contain a lot of chemical constituents with pharmacological activities, especially iridoids. Iridoids has good hepatoprotective, anti-inflammatory, antipyretic, antiviral, and other pharmacological effects. This article summarizes the research progress of iridoids in plants from *Gentiana* L., which provide references for the studies of chemical constituents in *Gentiana* L. and the exploitation of medicinal resources.

Key words: *Gentiana* L.; Gentianaceae; iridoids; secoiridoids; bis-iridoids; hepatoprotective effect; anti-inflammatory activity; antipyretic effect; antiviral activity

龙胆属 *Gentiana* L. 是龙胆科 (Gentianaceae) 中最大的属。该属有 400 多种植物, 主要分布于亚洲、欧洲、澳大利亚北部及新西兰, 整个北美, 并沿安第斯山脉达合恩角和非洲北部也有分布。我国有 247 种, 遍及全国, 大多数种类集中在西南山岳地区, 主要生长在高山流石滩、高山草甸和灌丛中^[1]。根据植物的生长器官和生殖器官特征相结合的原则, 龙胆属被分为 15 个组^[2], 其中国内分布有 11 个组, 分别为秦艽组 Sect. *Cruciata* Gaudin (SCr)、龙胆草组 Sect. *Pneumonanthe* (Gled.) Gaudin (SP)、小龙胆组 Sect. *Chondrophylla* Bunge (SCh)、高山龙胆组 Sect. *Frigida* Kusnez (SF)、蜀莖组 Sect. *Isomeria* Kusnez (SI)、多枝组 Sect. *Monopodiae* (H. Smith) T. N. Ho (SMo)、狭蕊组 Sect. *Stenogyne* Franch. (SS)、微籽组 Sect. *Microsperma* T. N. Ho (SMi)、柱果组 Sect.

Dolichocarpa T. N. Ho、耳褶龙胆组 Sect. *Otophora* Kusnez 和叶萼组 Sect. *Phyllocalyx* T. N. Ho^[1]。目前关于龙胆属植物化学成分的研究主要集中在前面 8 个组和黄龙胆组 Sect. *Gentiana* T. N. Ho (SG) 与 Sect. *Ciminalis* (Adanson) Dumort. (SCi) 中。龙胆属植物中含有大量具有药理活性的化学成分, 尤其富含环烯醚萜类成分, 这类成分具有较好的保肝、抗炎、解热、抗病毒等药理作用^[3-5], 在临床疾病治疗中具有较高药用价值, 其中中药龙胆来源于龙胆草组植物, 中药秦艽来源于秦艽组植物。

为了进一步深入研究并为开发新药资源提供基础资料, 本文对该属植物的环烯醚萜类成分进行了系统综述。目前已报道从该属植物中分离得到 120 多种环烯醚萜类化合物, 该类化合物根据其结构分为普通环烯醚萜、裂环烯醚萜和聚合环烯醚萜 3 类。环烯醚萜类化合物常见取代基见图 1。

收稿日期: 2016-11-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (81503354)

作者简介: 董丽萍 (1991—), 女, 在读硕士, 研究方向为中药资源与品种鉴定。E-mail: 1217891714@qq.com

*通信作者 吴靳荣 Tel: (021)51322202 E-mail: wujinr@sina.com

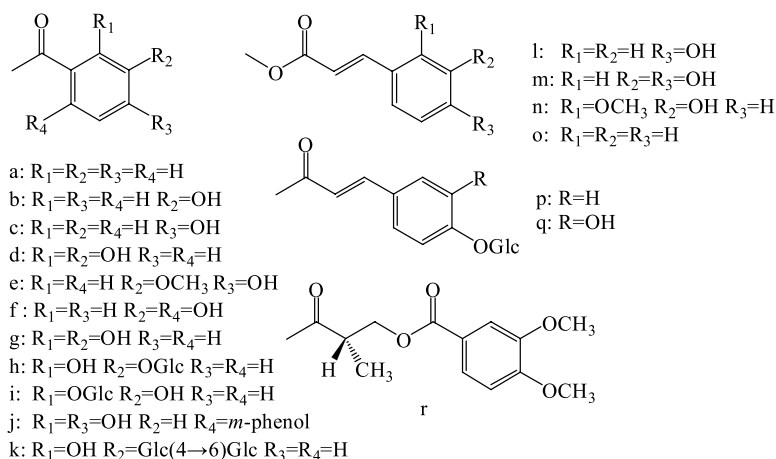


图 1 龙胆属环烯醚萜类化合物常见取代基

Fig. 1 Common substituents of iridoids in *Gentiana* L.

1 普通环烯醚萜类

普通环烯醚萜类化合物母核含有环戊烷结构,属于碳环环烯醚萜类,目前从龙胆属植物共分离得到此类化合物 37 个,其中环烯醚萜苷类 34 个(1~34),环烯醚萜元 3 个(35~37),结构式见图 2。其中 C-1 位羟基较活泼,常与单糖成苷,多为 β -D-葡萄糖,且糖基酰化类衍生物目前分离得到较少,在微籽组和小龙胆组中有报道,如 6'-acetyl-2'-m-hydroxybenzoylloganin (16)、4'-acetyl-2'-m-hydroxybenzoylloganin (17) 等。目前尚未分离到多糖苷类环烯醚萜类。C-3 与 C-4 位常有双键存在, C-4 多连有羧基,且羧基较活泼常形成羧酸甲酯或被糖基化,在高山龙胆组、秦艽组、微籽组和匍茎组有报道羧基被糖基化的化学成分,如 asystasioside A (28)、loganicacid 11-O- β -D-glucopyranosyl ester (22)、gentiouranoside E (23)。C-7 多连有羟基,在匍茎组与小龙胆组中分离得到数目较少的 C-7 与单糖成苷的环烯醚萜类化合物,如 depressoside (32) 等。C-8 多连甲基,偶连有羟基。环烯醚萜类苷元在自然界中分布较少,在龙胆草组、微籽组与小龙胆组有分离得到, C-1 位常连有羟基或被氧化成羰基。目前龙胆属耳褶龙胆组、叶萼组、狭蕊组、柱果组、喉毛组 Sect. *Fimbricorona* T. N. Ho、Sect. *Kudoa* Masamune、Sect. *Calathianae* Froelich 和 Sect. *Ciminalis* (Adanson) Dumort. 尚未有环烯醚萜类化合物报道,此类化学成分常见化合物马钱苷酸(loganic acid)在《中国药典》2015 年版中被作为秦艽的定量的指标性成分^[6]。

2 裂环烯醚萜类

裂环烯醚萜类化合物苷元结构特点为母核中环

戊烷的 C₇-C₈ 处断键成裂环状态。裂环烯醚萜类成分又可分为龙胆苦苷类、獐牙菜苷类、獐牙菜苦苷类、莫罗忍冬苷类及裂番木鳖酸类^[7]。

2.1 龙胆苦苷类

龙胆苦苷类裂环烯醚萜结构特点为母核中环戊烷的 C-1 多与单糖成苷。目前从龙胆属植物共分离得到此类化合物 22 个,其中龙胆苦苷类裂环烯醚萜苷 18 个(38~55),苷元 4 个(56~59),结构式见图 3。在龙胆属龙胆草组、秦艽组、高山龙胆组、黄龙胆组和多枝组中分离得到少数二糖苷如 6'-O- β -D-glucosylgentiopicoside (41) 等;龙胆草组与黄龙胆组中分离得到多糖苷如 scabrans G3、scabrans G4、scabrans G5 (46~48);其糖基酰化衍生物在秦艽组有报道如 6'-O- β -D-acetylgentiopicoside (44) 等。在 C-3 与 C-4 之间, C-5 与 C-6 之间多形成双键,少数成还原状态在 C-4 与 C-5 之间形成一个双键, C-3 位有时被甲氧基取代, C₇-C₈ 处断键成裂环状态。龙胆苦苷类裂环烯醚萜还原衍生物在秦艽组、龙胆草组和高山龙胆组有分离得到,如 gentiascabraside A (51)、qinjiaoside A (52)、qinjiaoside B (50) 等。龙胆苦苷类裂环烯醚萜苷元结构中 C-1 位羟基多被氧化成羰基, C-4 与 C-5 之间多形成双键。此外,龙胆苦苷类裂环烯醚萜在狭蕊组和多枝组中也有报道,其代表性化合物龙胆苦苷(gentiopicoside, 38)在《中国药典》2015 年版中为龙胆、秦艽定性定量鉴别中的指标性成分^[6]。

2.2 獐牙菜苷类

獐牙菜苷类裂环烯醚萜类化合物(60~86)在龙胆属中分布较广泛,但其苷元类成分目前在龙胆属中尚未报道,结构式见图 4。其母核结构与龙胆

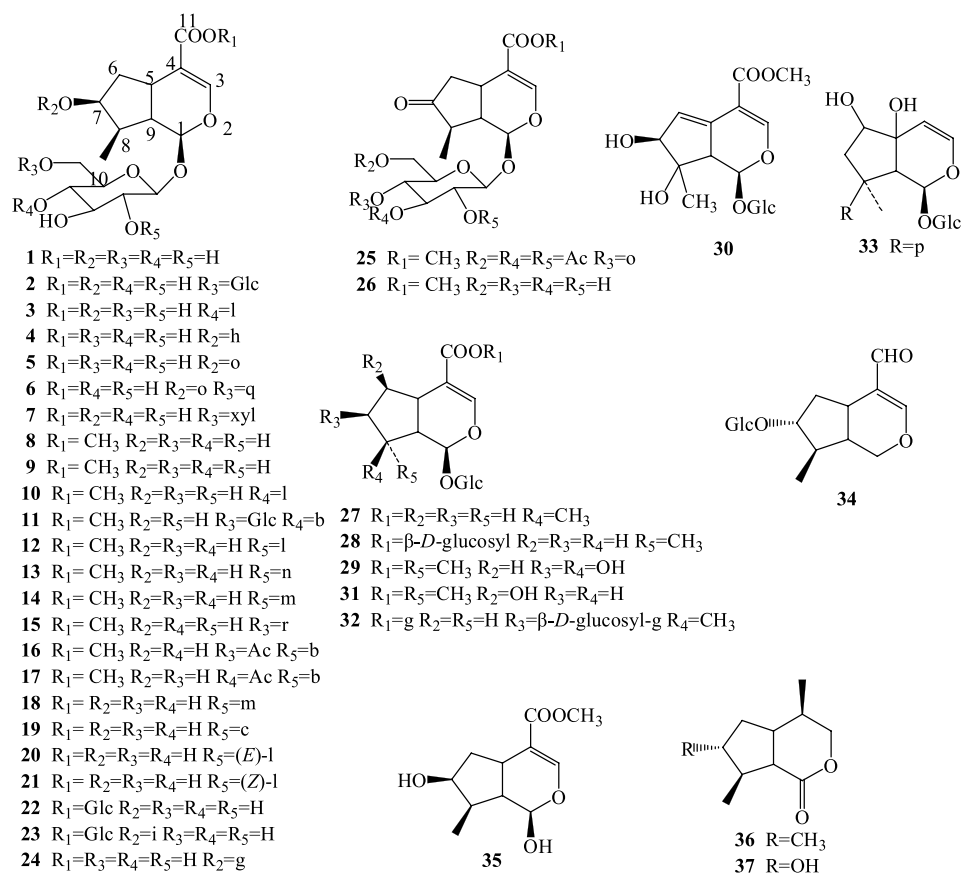


图 2 龙胆属普通环烯醚萜类化合物

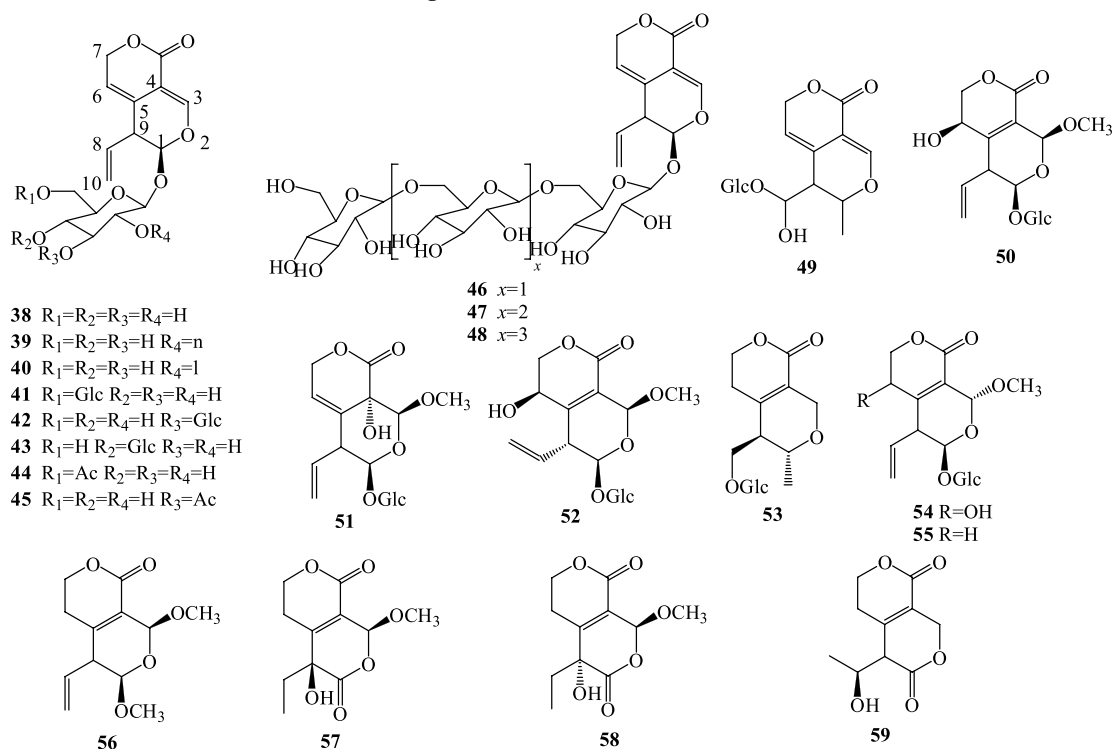
Fig. 2 Iridoids in *Gentiana* L.

图 3 龙胆属龙胆苦苷类裂环烯醚萜化合物

Fig. 3 Gentiopicroside secoiridoids in *Gentiana* L.

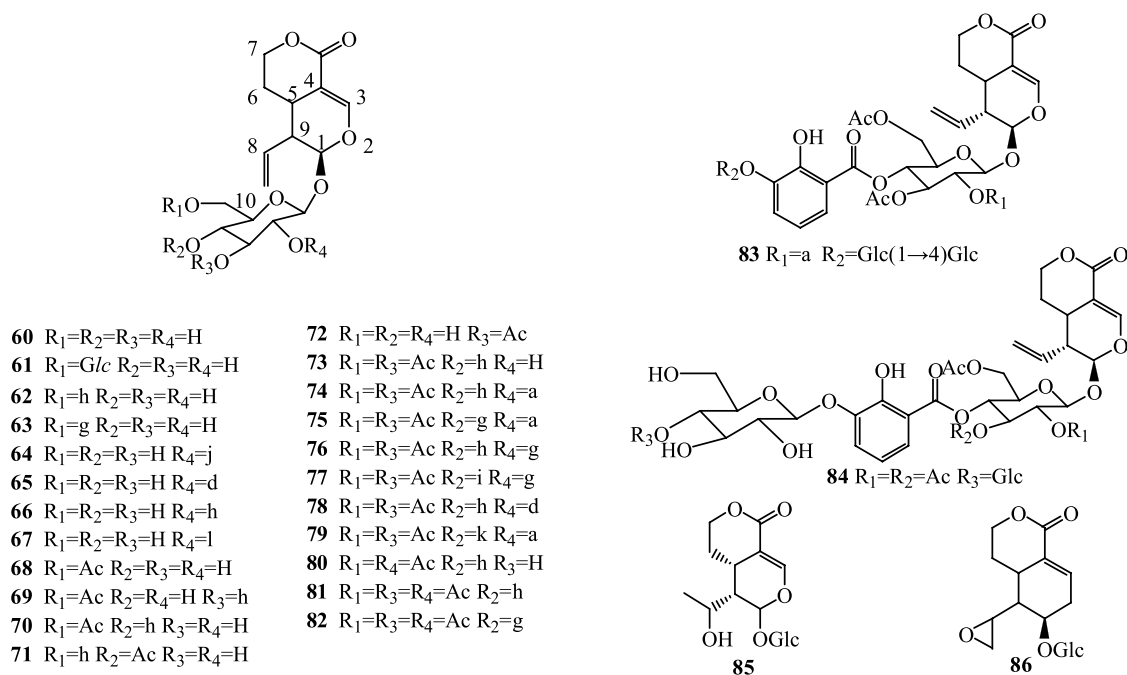


图 4 龙胆属獐牙菜苷类裂环烯醚萜化合物

Fig. 4 Sweroside secoiridoids in *Gentiana* L.

苦苷类裂环烯醚萜类的区别为只在 C_3 与 C_4 之间形成双键，多数 $C-1$ 位连有 1 个糖基，也有从秦艽组中分离得到二糖苷如 6'- O - β - D -glucopyranosylsweroside (61)，从龙胆草组中分离得到多糖苷如 glucopyranosylcabraside (83)、4'''- O - β - D -glucopyranosyltrifloroside (84)；其糖基酰化类衍生物较多，在龙胆草组、秦艽组、小龙胆组、多枝组、高山龙胆组中均有分离得到，如 3'-acetylsweroside (72)、6'- O -acetylsweroside (68)。此外獐牙菜苷类裂环烯醚萜在龙胆属狭蕊组、黄龙胆组植物中也有报道，常见的化合物当药苷 (sweroside, 60) 具有较好的保肝、退热和抗惊厥作用^[8-9]。

2.3 獐牙菜苦苷类

目前从龙胆属植物中共分离得到獐牙菜苦苷类裂环烯醚萜 13 个 (87~99)，结构式见图 5。其结构在獐牙菜苷母核结构基础上 $C-5$ 位有羟基取代，偶有 $C-8$ 与 $C-10$ 双键加成或环氧成醚，如从龙胆草组中分离得到的 eustomorusside (99) 与 gentomoside (96)，该类化合物多以单糖苷的形式存在，二糖及多糖苷较少，目前只在秦艽组及 *Sect. Ciminalis* (Adanson) Dumort. 中分离得到其二糖苷类衍生物 6'- O - β - D -glucosylswertiamarin (88)。其酯类衍生物在龙胆草组、秦艽组、多枝组、高山龙胆组中有分

离获得，其苷元在龙胆属中尚未见报道。常见的代表性化合物獐牙菜苦苷 (swertiamarin, 87) 在临床上具有较好的抗炎、镇痛、解痉退热等功效^[8,10-11]。

2.4 莫罗忍冬苷类

该类化合物在龙胆属中分布较少 (100~110)，结构式见图 6。其结构中 $C-4$ 位常形成甲酯， $C-7$ 与 $C-8$ 多形成半缩醛或内酯六元环结构，在小龙胆组、秦艽组、狭蕊组植物中有分离获得；国外 *G. pyrenaica* L. 植物中也有报道。

2.5 裂番木鳖酸类

裂番木鳖酸类裂环烯醚萜类 $C-1$ 与单糖成苷， $C-7$ 与 $C-8$ 和 $C-11$ 均不形成内酯环或半缩醛的醚环 (111~119)，结构式见图 7。其糖基酰化衍生物在多枝组、微籽组和狭蕊组中有分离得到。 C_4 位羧基有时被甲酯化； C_7 - C_8 处于裂环状态。目前尚未有其苷元报道。

2.6 特殊结构裂环烯醚萜类

从作为传统蒙药的高山龙胆组植物 *G. algida* Pall. 中分离得到具有不饱和内酯环戊烯环新骨架的裂环烯醚萜类化合物 algiolide A (120)，结构式见图 8。

3 聚合环烯醚萜类

该类化合物一般由若干环烯醚萜苷以醚键、酯键或糖基等连接而成，根据其结构可分为由普通环烯醚萜苷组成、裂环烯醚萜苷组成、普通环烯醚萜

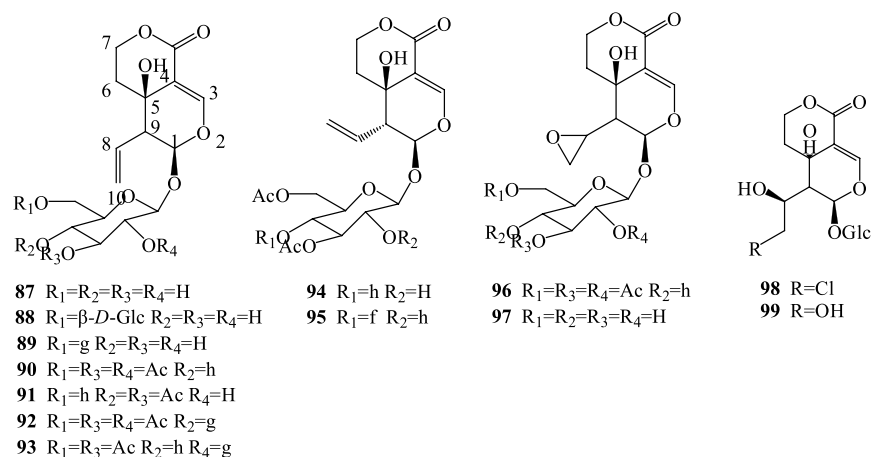


图 5 龙胆属獐牙菜苦苷类裂环烯醚萜化合物

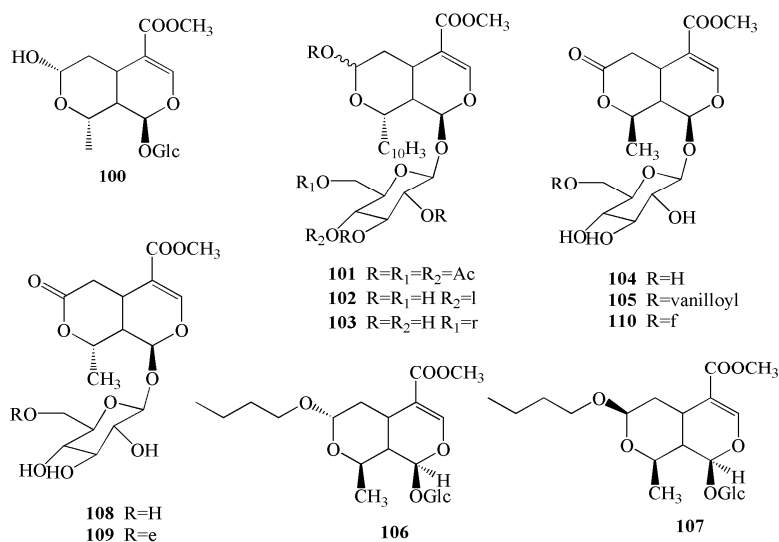
Fig. 5 Swertiamarin secoiridoids in *Gentiana* L.

图 6 龙胆属莫罗忍冬苷类裂环烯醚萜化合物

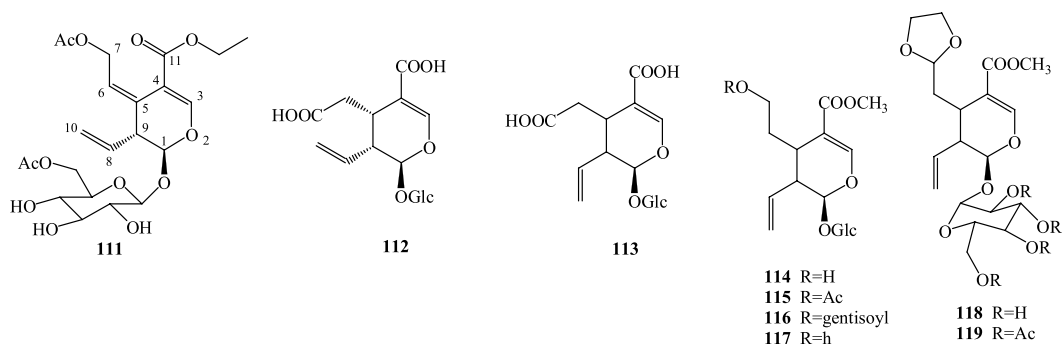
Fig. 6 Morroniside secoiridoids in *Gentiana* L.

图 7 龙胆属裂番木鳖酸类裂环烯醚萜化合物

Fig. 7 Loganic acid secoiridoids in *Gentiana* L.

苷和裂环烯醚萜苷共同组成。目前从龙胆属植物中共分离得到聚合环烯醚萜类 8 个 (121~128), 结构式见图 9。从狭蕊组、秦艽组中分离得到由裂环烯醚萜苷组成的聚合环烯醚萜类; 从芫茎组中分离得

到普通环烯醚萜苷和裂环烯醚萜苷共同组成聚合环烯醚萜类, 而普通环烯醚萜苷组成的聚合环烯醚萜类在龙胆属中尚未报道。

龙胆属植物中环烯醚萜类化合物及其来源见表 1。

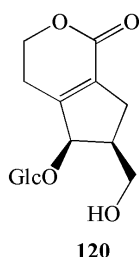


图 8 Algiolide A 结构
Fig. 8 Structure of algiolide A

4 展望

环烯醚萜类化合物在龙胆属植物中分布广泛，大部分化合物以糖苷的形式存在，苷元相对较少。近年来文献报道，此类化合物在保肝、抗炎、神经系统保护、抗癌等方面具有较好作用^[3-4,79-81]，有望开发成抗癌新药。另有研究发现此类化合物的苷元部分药效活性显著^[82]，提示可根据化学结构修饰或有机合成等方法筛选出更多具良好药理活性的环烯醚萜苷元。目前该属龙胆组与秦艽组植物在国内外

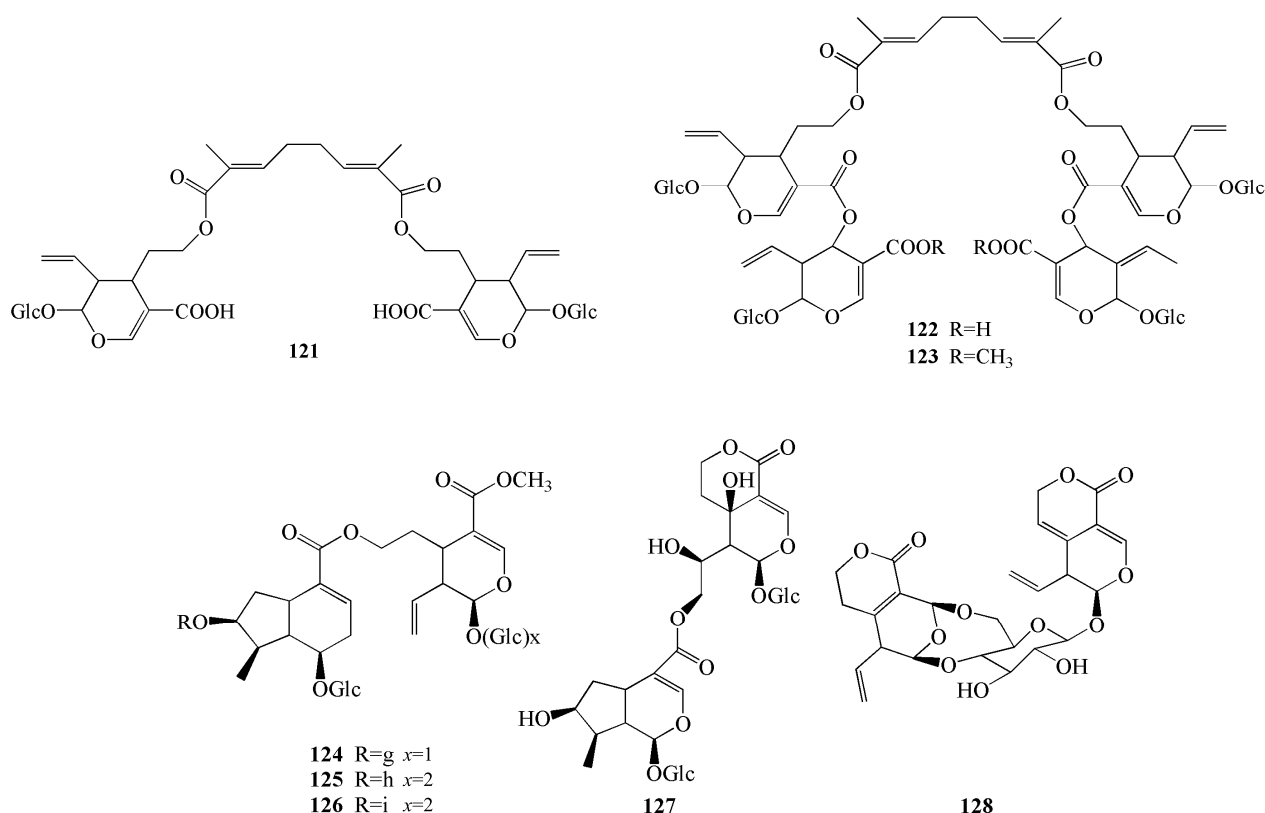


图 9 龙胆属聚合环烯醚萜类化合物
Fig. 9 Polymeric iridoids in *Gentiana* L.

表 1 龙胆属环烯醚萜类化合物及来源

Table 1 Iridoids in *Gentiana* L. and sources

序号	化合物名称	植物来源
1	马钱苷酸 (loganic acid)	<i>G. scabra</i> (SP) ^[12] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[13] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[14] 、 <i>G. pedicellata</i> (Sch) ^[15] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[16] 、 <i>G. rigescens</i> (SMo) ^[17] 、 <i>G. loureirii</i> (Sch) ^[18] 、 <i>G. dahurica</i> (SCr) ^[19] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[20] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[16] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[21] 、 <i>G. decumbens</i> (SCr) ^[16] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]

续表 1

序号	化合物名称	植物来源
2	6'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucosyl loganic acid	<i>G. scabra</i> (SP) ^[23]
3	4'- <i>p</i> -coumaroyl loganic acid	<i>G. pedicellata</i> (SCh) ^[15]
4	loganic acid-7-(2'-hydroxy-3'- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl) benzoate	<i>G. lutea</i> (SG) ^[21,24]
5	4''- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyllinearoside	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[25]
6	4''- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucosyl-6'- <i>O</i> -(4- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucosylcaffeoyl) linearoside	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[25]
7	秦艽苷 C (qinjiaoside C)	<i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]
8	loganic acid methyl ester	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14]
9	loganin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26] 、 <i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[27] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
10	4'- <i>p</i> -coumaroyl loganin	<i>G. pedicellata</i> (SCh) ^[15]
11	4'- <i>m</i> -hydroxybenzoyl loganin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26,28]
12	2'- <i>p</i> -coumaroylloganin	<i>G. pedicellata</i> (SCh) ^[29]
13	2'-feruloylloganin	<i>G. pedicellata</i> (SCh) ^[29]
14	2'-caffeoylloganin	<i>G. pedicellata</i> (SCh) ^[29]
15	6'-[2(<i>R</i>)-methyl-3-veratroxyloxypropanoyl] loganin	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[27]
16	6'-acetyl-2'- <i>m</i> -hydroxybenzoylloganin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[30]
17	4'-acetyl-2'- <i>m</i> -hydroxybenzoylloganin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[30]
18	2'- <i>O</i> -caffeoylloganic acid	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
19	2'- <i>O</i> - <i>p</i> -hydroxybenzoylloganic acid	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
20	2'- <i>O</i> - <i>trans</i> - <i>p</i> -coumaroylloganic acid	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
21	2'- <i>O</i> - <i>cis</i> - <i>p</i> -coumaroylloganic acid	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
22	loganic acid 11- <i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl ester	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14]
23	gentiournoside E	<i>G. urnula</i> (SI) ^[31]
24	gentiournoside D	<i>G. urnula</i> (SI) ^[32]
25	2',3',6'-tri- <i>O</i> -acetyl-4'- <i>O</i> - <i>trans</i> - <i>p</i> -(<i>O</i> -β- <i>D</i> -glucopyranosyl) coumaroyl-7-ketologanin	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
26	7-ketologanin	<i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18]
27	7-deoxyloganic acid	<i>G. apiata</i> (SF) ^[33]
28	asystasioside A	<i>G. apiata</i> (SF) ^[33]
29	caryoptoside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
30	gentioside	<i>G. punctata</i> (SG) ^[34]
31	dihydrocornin	<i>G. punctata</i> (SG) ^[34]
32	depressoside	<i>G. depressa</i> (SI) ^[35] 、 <i>G. urnula</i> (SI) ^[31]
33	哈巴苷 (harpagoside)	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[36]
34	(4a <i>S</i> *,6 <i>R</i> *,7 <i>R</i> *,7a <i>S</i> *)-6-[(β- <i>D</i> -glucopyranosyl)oxy]-1,4a,5,6,7,7a-hexahydro-7-methylcyclopenta [c] pyran-4-carbaldehyde	<i>G. aristata</i> (SCh) ^[37]
35	loganetin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26]
36	gentianaside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4,23]
37	nepetaside aglucone	<i>G. aristata</i> (SCh) ^[37]
38	龙胆苦苷 (gentiopicroside)	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[38] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[16] 、 <i>G. asclepiadea</i> (SP) ^[39] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[40] 、 <i>G. gelida</i> (SG) ^[41] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[14] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[16] 、 <i>G. rigescens</i> (SMo) ^[17] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22] 、 <i>G. dahurica</i> (SCr) ^[19] 、 <i>G. apiata</i> (SF) ^[33] 、 <i>G. waltonii</i> (SCr) ^[42] 、 <i>G. spathacea</i> (SP) ^[43] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[21]

续表 1

序号	化合物名称	植物来源
39	2'-(2,3-dihydroxybenzoyl) gentiopicroside	<i>G. rigescens</i> (SMo) ^[44]
40	olivierosides A	<i>G. olivieri</i> (SG) ^[45]
41	6'-O-β-D-glucosylgentiopicroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[46] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[16] 、 <i>G. asclepiadea</i> (SP) ^[47] 、 <i>G. apiata</i> (SF) ^[33] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[21] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[20] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[16] 、 <i>G. rigescens</i> (SMo) ^[17] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[14] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
42	3'-O-β-D-glucopyranosylgentiopicroside/olivierosides C	<i>G. olivieri</i> (SG) ^[45] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4,46] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]
43	4'-O-β-D-glucosylgentiopicroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4,46] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]
44	6'-O-β-D-acetylgentiopicroside	<i>G. dahurica</i> (SCr) ^[19] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[48]
45	3'-O-β-D-acetylgentiopicroside	<i>G. dahurica</i> (SCr) ^[19]
46	scabrans G3	<i>G. scabra</i> (SP) ^[49] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[50]
47	scabrans G4	<i>G. scabra</i> (SP) ^[51] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[52]
48	scabrans G5	<i>G. scabra</i> (SP) ^[49]
49	gentioflavoside	<i>G. punctata</i> (SG) ^[34]
50	qinjiaoside B	<i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]
51	gentiascabraside A	<i>G. scabra</i> (SP) ^[49]
52	qinjiaoside A	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[36] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22]
53	swartiajaposide D	<i>G. lutea</i> (SG) ^[21]
54	6-β-hydroxyswertiajaposide A	<i>G. scabra</i> (SP) ^[49]
55	swertiajaposide A/3- <i>epi</i> -swertiajaposide C	<i>G. scabra</i> (SP) ^[49] 、 <i>G. apiata</i> (SF) ^[33]
56	(Z)-5-ethylidene-3,4,5,6-tetrahydro- <i>cis</i> -6,8-dimethoxy-1 <i>H</i> ,8 <i>H</i> -pyrano [3,4- <i>c</i>] pyran-1-one	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[13]
57	(S)-(+)-gentiolactone	<i>G. lutea</i> (SG) ^[50]
58	(R)-(-)-gentiolactone	<i>G. lutea</i> (SG) ^[50]
59	gentiolactone	<i>G. siphonantha</i> (SCr) ^[51]
60	獐牙菜苷 (sweroside)	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[38] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[52] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[53] 、 <i>G. septemfida</i> (SP) ^[54] 、 <i>G. rhodantha</i> (SS) ^[55] 、 <i>G. punctata</i> (SG) ^[34] 、 <i>G. formosana</i> (SCh) ^[56] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[57] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[16] 、 <i>G. loureirii</i> (SCh) ^[18] 、 <i>G. dahurica</i> (SCr) ^[58] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[59] 、 <i>G. waltonii</i> (SCr) ^[42] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[20] 、 <i>G. asclepiadea</i> (SP) ^[39] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[48] 、 <i>G. rigescens</i> (SMo) ^[60]
61	6'-O-β-D-glucopyranosylsweroside	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[52] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[48]
62	6'-O-[3-(β-D-glucopyranosyloxy)-2-hydroxybenzoyl] sweroside	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[25] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[61]
63	6-(2,3-dihydroxybenzoyl) sweroside	<i>G. algida</i> (SF) ^[62]
64	amarogentine	<i>G. lutea</i> (SG) ^[59]
65	2'-(2,3-dihydroxybenzoyl) sweroside	<i>G. rigescens</i> (SMo) ^[60] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[57] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[53] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[63]
66	gentiotrifloroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
67	olivierosides B	<i>G. olivieri</i> (SCr) ^[45]

续表 1

序号	化合物名称	植物来源
68	6'- <i>O</i> -acetylsweroside	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[25]
69	6'- <i>O</i> -acetyl-3'- <i>O</i> -[3-(β - <i>D</i> -glucopyranosyloxy)-2-hydroxybenzoyl] sweroside	<i>G. manshurica</i> (SP) ^[25]
70	2,3-deacetyltrifloroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
71	gentistraminosides A	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14]
72	3'-acetylsweroside	<i>G. formosana</i> (SCh) ^[56]
73	2-deacetyltrifloroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
74	scabraside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[64] 、 <i>G. manshurica</i> (SP) ^[25] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[65]
75	deglucosylscabraside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[65]
76	大叶昔 A (macrophyllside A)	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[52] 、 <i>G. straminea</i> (SCr) ^[14] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[63]
77	isomacrophyllside	<i>G. tibetica</i> (SCr) ^[63]
78	macrophyllsides B	<i>G. rigescens</i> (SMo) ^[44]
79	4'''- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosylscabraside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
80	3-deacetyltrifloroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
81	三花昔 (trifloroside)	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4] 、 <i>G. manshurica</i> (SP) ^[25] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[52] 、 <i>G. gelida</i> (SP) ^[41] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[53] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[65]
82	(1 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,9 <i>R</i>)-deglucosyltrifloroside	<i>G. triflora</i> (SP) ^[65] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
83	glucopyranosycabraside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[66]
84	4'''- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucopyranosyltrifloroside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4,62]
85	8-hydroxy-10-hydrosweoside	<i>G. tibetica</i> (SCr) ^[63]
86	5-desoxyeustomoside	<i>G. campestris</i> ^[67]
87	獐牙菜苦昔 (swertiamarin)	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14] 、 <i>G. gelida</i> (SP) ^[41] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[68] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[69] 、 <i>G. decumbens</i> (SCr) ^[16] 、 <i>G. lutea</i> (SG) ^[70] 、 <i>G. waltonii</i> (SCr) ^[42] 、 <i>G. crassicaulis</i> (SCr) ^[22] 、 <i>G. apiata</i> (SF) ^[33] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[20] 、 <i>G. dahurica</i> (SCr) ^[58] 、 <i>G. asclepiadea</i> (SP) ^[39] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[71] 、 <i>G. manshurica</i> (SP) ^[38] 、 <i>G. septemfida</i> (SP) ^[54] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[53] 、 <i>G. rigescens</i> (SMo) ^[17]
88	6'- <i>O</i> - β - <i>D</i> -glucosylswertiamarin	<i>G. alpina</i> (SCi) ^[72] 、 <i>G. waltonii</i> (SCr) ^[42]
89	6'-(2,3-dihydroxybenzyl) swertiamarin	<i>G. algida</i> (SF) ^[62]
90	gelidoside	<i>G. gelida</i> (SP) ^[41] 、 <i>G. septemfida</i> (SP) ^[54] 、 <i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
91	gentistraminosides B	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14]
92	deglucogelidoside	<i>G. triflora</i> (SP) ^[65]
93	macrophyllsides A	<i>G. rigescens</i> (SMo) ^[44]
94	rindoside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[12] 、 <i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[52] 、 <i>G. algida</i> (SF) ^[53] 、 <i>G. triflora</i> (SP) ^[16] 、 <i>G. tibetica</i> (SCr) ^[63]
95	2'-gentisoyl gelidoside	<i>G. siphonantha</i> (SCr) ^[51]
96	gentomoside	<i>G. gelida</i> (SP) ^[41]

续表 1

序号	化合物名称	植物来源
97	eustomoside	<i>G. gelida</i> (SP) ^[41] 、 <i>G. campestris</i> ^[67] 、 <i>G. septemfida</i> (SP) ^[54] 、 <i>G. punctata</i> (SG) ^[33]
98	eustoside	<i>G. campestris</i> ^[67]
99	eustomorusside	<i>G. gelida</i> (SP) ^[41] 、 <i>G. campestris</i> ^[67] 、 <i>G. septemfida</i> (SP) ^[54]
100	莫罗忍冬昔 (morromoside)	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[73] 、 <i>G. aristata</i> (SCh) ^[37]
101	4'- <i>p</i> -coumaroylmorroniside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[73]
102	6'- <i>O</i> -[(2 <i>R</i>)-methyl-3-veratroxyloxypro-panoyl] morroniside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[73]
103	pyrenoside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[73]
104	8-epikingiside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[23] 、 <i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[74] 、 <i>G. rhodantha</i> (SS) ^[75]
105	6'-vanilloyl-8-epikingiside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[74] 、 <i>G. siphonantha</i> (SCr) ^[51]
106	7 (<i>S</i>)- <i>n</i> -butyl morroniside	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[61]
107	7 (<i>R</i>)- <i>n</i> -butyl morroniside	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[61]
108	kingiside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[24] 、 <i>G. rhodantha</i> (SS) ^[75]
109	6'-vanilloylkingiside	<i>G. pyrenaica</i> (SCh) ^[24]
110	6'-gentisoyl-8-epikingiside	<i>G. siphonantha</i> (SCr) ^[51]
111	gentiorigenoside A	<i>G. rigescens</i> (SMo) ^[60] 、 <i>G. rhodantha</i> (SS) ^[28] 、 <i>G. farfieri</i> ^[28]
112	secologanoside	<i>G. scabra</i> (SP) ^[4]
113	secologanic acid	<i>G. straminea</i> (SCr) ^[14]
114	secologanol	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26]
115	7-acetylsecologanol	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26]
116	7-(2,5-dihydroxybenzoyl) secologanol	<i>G. verna</i> (SMi) ^[26]
117	depressine	<i>G. depressa</i> (SI) ^[76]
118	secologanin	<i>G. verna</i> (SMi) ^[77]
119	7-dioxolanylsecologanmn	<i>G. verna</i> (SMi) ^[77]
120	algiolide A	<i>G. algida</i> (SF) ^[71]
121	rhodanthoside A	<i>G. rhodantha</i> (SS) ^[55]
122	rhodanthoside B	<i>G. rhodantha</i> (SS) ^[55]
123	rhodanthoside C	<i>G. rhodantha</i> (SS) ^[55]
124	gentiournoside A/depresteroside	<i>G. urnula</i> (SI) ^[31] 、 <i>G. depressa</i> (SI) ^[78]
125	gentiournoside B	<i>G. urnula</i> (SI) ^[32]
126	gentiournoside C	<i>G. urnula</i> (SI) ^[32]
127	septemfidside	<i>G. septemfida</i> (SP) ^[54]
128	gentimacroside	<i>G. macrophylla</i> (SCr) ^[13]

临床中应用广泛，国内外学者对该属其他组植物的化学成分与药理活性也进行广泛研究，有望缓解临床药材需求紧张及资源匮乏等状况，以更好地开发利用龙胆属药用植物资源。

参考文献

- [1] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 (第六十二卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [2] Ho T N, Liu S W. *A Worldwide Monograph of Gentiana*

[M]. Beijing: Science Press, 2001.

- [3] 崔长旭, 柳明珠, 李天洙, 等. 龙胆草水提取物对大鼠急性肝损伤的保护作用 [J]. 延边大学医学学报, 2005, 28(1): 20.
- [4] Li W, Zhou W, Kim S, *et al.* Three new secoiridoid glycosides from the rhizomes and roots of *Gentiana scabra* and their anti-inflammatory activities [J]. *Nat Prod Res*, 2015, 29(20): 1-8.
- [5] 孙晓莉, 孙文基, 王四旺, 等. 龙胆苦昔在抗病毒药物

- 中的应用: 中国, CN1965853 [P]. 2007-05-23.
- [6] 中国药典 [S]. 一部. 2015.
- [7] Struew L, Albert V. *Gentianaceae Systematics and Natural History* [M]. London: Cambridge University Press, 2005.
- [8] 马丽娜, 田成旺, 张铁军, 等. 獐牙菜属植物中环烯醚萜类成分及其药理作用研究进展 [J]. 中草药, 2008, 39(5): 790-79.
- [9] 王丽平. 秦艽四种活性组分体内协同代谢动力学研究 [D]. 长沙: 中南民族大学, 2014.
- [10] 梁居中. 斜茎獐牙菜活性成分研究 [J]. 中药通报, 1984, 9(5): 34-36.
- [11] 季宇彬. 中药有效成分药理与应用 [M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1995.
- [12] Ikeshiro Y, Mase I, Tomita Y. A Secoiridoid Glucoside from *Gentiana scabra* var. *buergeri* [J]. *Planta Med*, 1990, 56(1): 101-103.
- [13] Jiang Z B, Liu H L, Liu X Q, *et al.* Chemical constituents of *Gentiana macrophylla* Pall [J]. *Nat Prod Res*, 2010, 24(14): 1365-1369.
- [14] Xu M, Zhang M, Zhang Y J, *et al.* New acylated secoiridoid glucosides from *Gentiana straminea* (Gentianaceae) [J]. *Helv Chim Acta*, 2009, 92(2): 321-327.
- [15] Garcia J, Chulia A J. 4'-*p*-Coumaroyl iridoid glucosides from *Gentiana pedicellata* [J]. *Planta Med*, 1987, 53(1): 101-103.
- [16] Olenikov D N, Kashchenko N I, Chirikova N K, *et al.* Iridoids and flavonoids of four siberian gentians: chemical profile and gastric stimulatory effect [J]. *Molecules*, 2015, 20(10): 19172-19188.
- [17] 朱卫萍, 赵磊, 张国华, 等. 栽培滇龙胆的化学成分研究 [J]. 云南中医学院学报, 2010, 33(5): 8-12.
- [18] Wu M, Wu P, Liu M, *et al.* Iridoids from *Gentiana loureirii* [J]. *Phytochemistry*, 2009, 70(6): 746-750.
- [19] Fan H, Zang Y, Zhang Y, *et al.* Triterpenoids and iridoid glycosides from *Gentiana dahurica* [J]. *Helv Chim Acta*, 2010, 93(12): 2439-2447.
- [20] 李雨蔚, 李荣娇, 袁绿益, 等. 西藏秦艽的化学成分研究 [J]. 中草药, 2015, 46(14): 2052-2056.
- [21] Amakura Y, Yoshimura M, Morimoto S, *et al.* Chromatographic evaluation and characterization of components of *Gentian* root extract used as food additives [J]. *Chem Pharm Bull*, 2016, 64(1): 78-82.
- [22] 吕涛. 粗茎秦艽的化学成分及抗炎活性研究 [D]. 昆明: 云南中医学院, 2012.
- [23] Kyoya T, Kikuchi M, Kakuda R, *et al.* A new iridoid diglycoside from *Gentianae scabrae* Radix [J]. *Nat Med*, 2005, 59(4): 178-180.
- [24] Garcia J, Mpondo E M, Kaouadji M. Kingiside and derivative from *Gentiana pyrenaica* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(10): 3353-3355.
- [25] Liu Q, Chou G X, Wang Z T. New iridoid and secoiridoid glucosides from the roots of *Gentiana manshurica* [J]. *Helv Chim Acta*, 2012, 95(7): 1094-1101.
- [26] Mpondo E M, Garcia J. Iridoids from *Gentiana verna* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(9): 2503-2504.
- [27] Garcia J, Mpondo E M, Nardin R. Loganin and a new iridoid glucoside from *Gentiana pyrenaica* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 52(2): 423-425.
- [28] Pan Y, Shen T, Zhang J, *et al.* Simultaneous determination of six index constituents and comparative analysis of four ethnomedicines from genus *Gentiana*, using a UPLC-UV-MS method [J]. *Biomed Chromatogr*, 2015, 29(1): 87-96.
- [29] Garcia J, Chulia A J. Loganin and new iridoid glucosides in *Gentiana pedicellata* [J]. *Planta Med*, 1986, 81(4): 327-329.
- [30] Mpondo E M, Garcia J. Two iridoid glucosides from *Gentiana verna* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(2): 643-644.
- [31] Kusakari K, Fukuhara T, Motoyama A, *et al.* The corrected structure of depressoside, an antioxidative iridoid glucoside extracted from the flowers of *Gentiana urnula* Harry Sm [J]. *Nat Prod Res*, 2015, 30(8): 954-959.
- [32] 刘艳红, 李兴从, 刘玉青, 等. 乌奴龙胆中五个新的环烯醚萜甙 [J]. 植物分类与资源学报, 1994, 16(4): 417-423.
- [33] Zhou L, Li X K, Miao F, *et al.* Further studies on the chemical constituents of Chinese folk medicine *Gentiana apiata* N. E. Br [J]. *J Asian Nat Prod Re*, 2009, 11(4): 345-351.
- [34] Do T, Popov S, Marekov N, *et al.* Iridoids from gentianaceae plants growing in bulgaria [J]. *Planta Med*, 1987, 53(6): 580.
- [35] Chulia A J, Kaouadji M. Depressoside, Nouvel Iridoïde Isole de *Gentiana depressa* [J]. *J Nat Prod*, 1985, 48(1): 54-58.
- [36] 刘艳红, 李兴从. 秦艽中的环烯醚萜甙成分 [J]. 植物分类与资源学报, 1994(1): 85-89.
- [37] Wu Q, Liu X, Shi Y. Chemical components from *Gentiana aristata* [J]. *Chem Biodiv*, 2007, 4(2): 254-275.
- [38] Zhang J S, Tian Z X, Lou Z C. Simultaneous determination of 5 bitter secoiridoid glucosides in 9 Chinese *Gentiana* species used as the Chinese drug "Long Dan" by high performance liquid chromatography [J].

- Acta Pharm Sin*, 1991, 26(11): 864-870.
- [39] Mihailovic V, Matic S, Mišić D, *et al.* Chemical composition, antioxidant and antigenotoxic activities of different fractions of *Gentiana asclepiadea* roots extract [J]. *Excli J*, 2013, 12(3): 807-823.
- [40] Yang A M, Li H, Liu J L, *et al.* Chemical constituents of *Gentiana algida* [J]. *Chem Nat Compd*, 2013, 49(4): 755-756.
- [41] Çalıř, I, Rüegger H, Chun Z, *et al.* Secoiridoid glucosides isolated from *Gentiana gelida* [J]. *Planta Medica*, 1990, 56(4): 406-409.
- [42] 段朝辉, 石宝俊, 吴立宏, 等. 长梗秦艽的化学成分 [J]. *中国天然药物*, 2007, 5(6): 417-420.
- [43] Rojas A, Bah M, Isela Rojas J, *et al.* Smooth muscle relaxing activity of gentiopicroside isolated from *Gentiana spathacea* [J]. *Planta Medica*, 2000, 66(8): 765-767.
- [44] Pan Y, Zhang J, Shen T, *et al.* Investigation of chemical diversity in different parts and origins of ethnomedicine *Gentiana rigescens*, Franch using targeted metabolite profiling and multivariate statistical analysis [J]. *Biomed Chromatogr*, 2015, 30(2): 232-240.
- [45] Takeda Y, Masuda T, Honda G, *et al.* Secoiridoid glycosides from *Gentiana olivieri* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1999, 47(9): 1338-1340.
- [46] Kakuda R, Iijima T, Yaoita Y, *et al.* Secoiridoid glycosides from *Gentiana scabra* [J]. *J Nat Prod*, 2001, 68(5): 751-753.
- [47] Mpondo M E, Chulia A J. 6'-O- β -D-Glucosyl gentiopicroside: A new secoiridoid from *Gentiana asclepiadea* [J]. *Planta Med*, 1988, 54(2): 185-186.
- [48] 张莉, 党军, 梅丽娟, 等. 藏药麻花秦艽化学成分研究 [J]. *中药材*, 2016, 39(1): 103-106.
- [49] Kikuchi M, Kakuda R, Kikuchi M, *et al.* Secoiridoid glycosides from *Gentiana scabra* [J]. *J Nat Prod*, 2005, 68(5): 751-753.
- [50] Kakuda R, Machida K, Yaoita Y, *et al.* Studies on the constituents of *Gentiana* species. II. A new triterpenoid, and (S)-(+)- and (R)-(-)-gentiolactones from *Gentiana lutea* [J]. *Cheminform*, 2003, 34(49): 885-887.
- [51] Tan R X, Kong L D. Secoiridoids from *Gentiana siphonantha* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 46(6): 1035-1038.
- [52] Tan R X, Wolfender J L, Zhang L X, *et al.* Acyl secoiridoids and antifungal constituents from *Gentiana macrophylla* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 42(5): 1305-1313.
- [53] Tan R X, Wolfender J L, Ma W G, *et al.* Secoiridoids and antifungal aromatic acids from *Gentiana algiida* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 41(1): 111-116.
- [54] Çalis I, Ersöz T, Chulia A J, *et al.* Slepemfidioside: A new bis-iridoid diglucoside from *Gentiana septemfida* [J]. *J Nat Prod*, 2004, 55(3): 385-388.
- [55] Ma W G, Fuzzati N, Wolfender J L, *et al.* Further acylated secoiridoid glucosides from *Gentiana rhodantha* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 43(4): 805-810.
- [56] Chung M I, Lin C N. A new acylated secoiridoid from *Gentiana formosana* [J]. *J Nat Prod*, 1993, 56(6): 982-983.
- [57] Tang H Q, Tan R X. Glycosides from *Gentiana scabra* [J]. *Planta Med*, 1997, 63(4): 388.
- [58] 陈千良, 石张燕, 张雅惠, 等. 小秦艽化学成分研究 [J]. *中药材*, 2011, 34(8): 1214-1216.
- [59] Ando H, Hirai Y, Fujii M, *et al.* The chemical constituents of fresh *Gentian* root [J]. *J Nat Med*, 2007, 61(3): 269-279.
- [60] 许敏, 王东, 张颖君, 等. 坚龙胆中的一个新裂环烯醚萜甙 [J]. *植物分类与资源学报*, 2006, 28(6): 669-672.
- [61] Chen G, Wei S H, Yu C Y. Secoiridoids from the roots of *Gentiana straminea* [J]. *Biochem Syst Ecol*, 2009, 37(6): 766-771.
- [62] Tan R X, Hu J, Dong L D, *et al.* Two new secoiridoid glycosides from *Gentiana algida* [J]. *Planta Med*, 1997, 63(6): 567-569.
- [63] Tan R X, Kong L D, Wei H X. Secoiridoid glycosides and an antifungal anthranilate derivative from *Gentiana tibetica* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 47(7): 1223-1226.
- [64] Ikeshiro Y, Tomita Y. A new bitter secoiridoid glucoside from *Gentiana scabra* var. *buergeri* [J]. *Planta Med*, 1983, 48(7): 169-173.
- [65] Wang S, Xu Y, Jiang W, *et al.* Isolation and identification of constituents with activity of inhibiting nitric oxide production in raw 264. 7 macrophages from *Gentiana triflora* [J]. *Planta Med*, 2013, 79(8): 680-686.
- [66] Wei L, Wei Z, Sang H S, *et al.* Chemical constituents of the rhizomes and roots of *Gentiana scabra* (Gentianaceae) [J]. *Biochem System Ecol*, 2015, 61: 169-174.
- [67] Mpondo E M, Garcia J, Chulia A J. Secoiridoid glucosides from *Gentiana campestris* [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29(5): 1687-1688.
- [68] Lu C M, Lin L C, Tsai T H. Determination and pharmacokinetic study of gentiopicroside, geniposide, baicalin, and swertiamarin in Chinese herbal formulae after oral administration in rats by LC-MS/MS [J]. *Molecules*, 2014, 19(12): 21560-21578.
- [69] Jia N, Li Y, Wu Y, *et al.* Comparison of the

- anti-inflammatory and analgesic effects of *Gentiana macrophylla* Pall. and *Gentiana straminea* Maxim. and identification of their active constituents [J]. *J Ethnopharmacol*, 2012, 144(3): 638-645.
- [70] Oztürk N, Korkmaz S, Oztürk Y, *et al.* Effects of gentiopicroside, sweroside and swertiamarine, secoiridoids from gentian (*Gentiana lutea* ssp. *symphyandra*), on cultured chicken embryonic fibroblasts [J]. *Planta Med*, 2006, 72(4): 289-294.
- [71] Tanaka N, Takekata M, Kurimoto S I, *et al.* Algiolide A, secoiridoid glucoside from Mongolian medicinal plant *Gentiana algida* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2015, 56(6): 817-819.
- [72] Mpondo E M, Garcia J. Secologanin and derivatives from *Gentiana verna* [J]. *Planta Med*, 1990, 56(1): 125.
- [73] Garcia J, Mpondo E M, Cartier G, *et al.* Secoiridoids and a phenolic glucoside from *Gentiana pyrenaica* [J]. *J Nat Prod*, 1989, 52(5): 996-1002.
- [74] Garcia J, Lavaitte S, Gey C. 8-Epikingiside and its vanillate ester, isolated from *Gentiana pyrenaica* [J]. *Phytochemistry*, 1989, 28(8): 2199-2201.
- [75] Xu M, Wang D, Zhang Y J, *et al.* Iridoidal glucosides from *Gentiana rhodantha* [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2008, 10(6): 491-498.
- [76] Chulia A J, Vercauteren J, Mariotte A M. Iridoids and flavones from *Gentiana depressa* [J]. *Phytochemistry*, 1996, 42(1): 139-143.
- [77] Mpondo E M, Garcia J, Cartier G, *et al.* 6'-O- β -D-Glucosylswertiamarine: A new secoiridoid from *Gentiana alpina* [J]. *Planta Med*, 1990, 56(3): 334.
- [78] Chulia A J, Vercauteren J, Kaouadji M. Depresteroside, a mixed iridoid-secoiridoid structure from *Gentiana depressa* [J]. *Phytochemistry*, 1994, 36(2): 377-382.
- [79] Yamazaki M, Chiba K, Yoshikawa C. Genipin suppresses A23187-induced cytotoxicity in neuro2a cells [J]. *Biol Pharm Bull*, 2009, 32(6): 1043-1046.
- [80] Akihisa T, Matsumoto K, Tokuda H, *et al.* Anti-inflammatory and potential cancer chemopreventive constituents of the fruits of *Morinda citrifolia* (Noni) [J]. *J Nat Prod*, 2007, 70(5): 754-757.
- [81] 郭建华, 田成旺, 刘 晓, 等. 中药环烯醚萜类化合物研究进展 [J]. *药物评价研究*, 2011, 34(4): 293-297.
- [82] 李铁军, 邱 彦, 芮耀诚, 等. 糙叶败酱中新的环烯醚萜苷元成分体外抗肿瘤作用研究 [J]. *解放军药学报*, 2004, 20(2): 1010-1012.