

赶黄草中化学成分研究进展

张 剑^{1,2}, 伍淑明², 杨 肖², 郭 燕², 熊月洋², 罗 进^{1,2*}

1. 四川省分析测试服务中心, 四川 成都 610023

2. 四川赛纳斯分析检测有限公司, 四川 成都 610023

摘 要: 赶黄草广泛分布于东亚地区, 具有多种功效, 有良好的药食应用前景。赶黄草含有多种化学成分, 主要有类黄酮、木脂素类、香豆素类、苯乙酮类、鞣质类、三萜类、有机酸类、酯类和挥发油等。对赶黄草的化学成分进行综述, 为赶黄草的深入研究和开发利用提供参考。

关键词: 赶黄草; 类黄酮; 木脂素类; 香豆素类; 苯乙酮类; 鞣质类; 三萜类; 有机酸类; 酯类; 挥发油

中图分类号: R284 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2670(2017)21-4571-07

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2017.21.033

Advances in chemical constituents of *Penthorum chinense*

ZHANG Jian^{1,2}, WU Shu-ming², YANG Xiao², GUO Yan², XIONG Yue-yang², LUO Jin^{1,2}

1. Analytical and Metrical Center of Sichuan Province, Chengdu 610023, China

2. Sichuan Sainasi Analysis and Testing Service Co., Ltd., Chengdu 610023, China

Abstract: *Penthorum chinense* is widely distributed in eastern Asia. It has various efficacies with excellent pharmaceutical and edible prospects. It contains various types of chemical components, and main components are flavonoids, lignans, coumarins, acetophenones, tannins, triterpenes, organic acids, esters, and volatile oils. This article classifies and summarizes the chemical constituents and hopefully provides a reference for further research, development and utilization of *P. chinense*.

Key words: *Penthorum chinense* Pursh; flavonoids; lignans; coumarins; acetophenones; tannins; triterpenes; organic acids; esters; volatile oils

赶黄草又名水泽兰、水杨柳, 为扯根菜属 *Penthorum* Gronov. ex L. 植物扯根菜 *Penthorum chinense* Pursh 的干燥地上部分。其主要分布于我国华北、华东、中南及陕西、四川和贵州等地, 主产于四川古蔺^[1-3]。赶黄草是苗族的传统药物, 也是中成药肝苏制剂的原料药材, 民间以其全草入药, 具有除湿利水、祛瘀止痛、平肝健脾等功效, 主治黄疸、水肿、经闭、跌打损伤和各型肝炎^[4-5]。

关于赶黄草化学成分的研究报道始见于 20 世纪 90 年代末^[6]。随着分离、纯化和鉴定技术的发展与应用以及研究人员的广泛关注和研究, 从赶黄草中获得的化合物数量逐年增多, 并不断有新的化合物被发现。因此有必要对其化学成分进行分类总结, 为赶黄草的化学成分研究及资源的开发利用提供参考。

1 类黄酮

类黄酮是赶黄草中主要的非挥发性化合物, 也是目前发现最早和最多的一类成分, 主要有黄酮醇类(1~14)、二氢黄酮类(15~22)、查耳酮类(23、24)和二氢查耳酮类(25~29)^[6-28], 化合物结构见图 1 和表 1~4。

另外还有黄酮类、双苯吡酮类和黄烷-3-醇类化合物, 分别是芹菜素(30)^[10-11,15,20,22]、芹菜苷(31)^[20]、白杨素(32)^[20]、木犀草素(33)^[10-12,15,22]、黄芩素-7-*O*-鼠李糖苷(34)^[22]、高车前素-7-(6-*E*-香豆酰基- β -*D*-葡萄糖)(35)^[20]、芒果苷(36)^[15]、儿茶素(37)^[18,22]和表儿茶素(38)^[21], 化合物结构见图 2。

2 木脂素类

目前从赶黄草中获得的木脂素类化合物有 16

收稿日期: 2017-08-03

基金项目: 四川省科技支撑计划项目(2016NZ0110)

作者简介: 张 剑, 工程师, 研究方向为中药材色谱分析。E-mail: 1765113632@qq.com

*通信作者 罗 进, 博士, 研究方向为化学分析。E-mail: luojin_sns@163.com

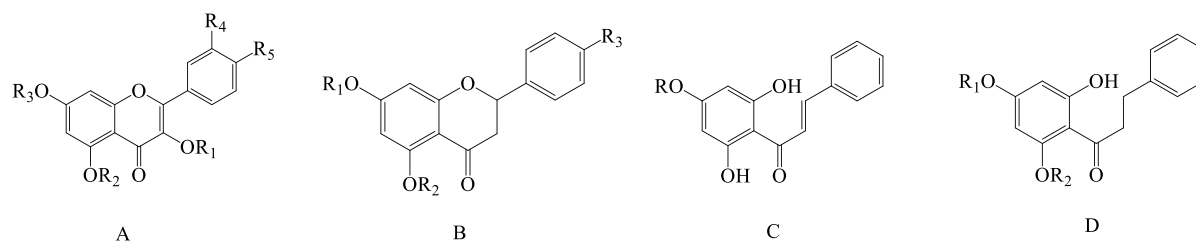


图 1 赶黄草中黄酮醇类 (A)、二氢黄酮类 (B)、查耳酮类 (C) 和二氢查耳酮类 (D) 化合物母核
Fig. 1 Structures of flavonols (A), flavanones (B), chalcones (C), and dihydrochalcones (D) from *P. chinense*

表 1 赶黄草中黄酮醇类化合物
Table 1 Flavonols from *P. chinense*

编号	化合物名称	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	文献
1	槲皮素 (quercetin)	H	H	H	OH	OH	6-23
2	槲皮苷 (quercetin-3- <i>O</i> -rhamnoside)	rhamnose	H	H	OH	OH	6,9,13-15,19-23
3	异槲皮苷 (quercetin-3- <i>O</i> -glucoside)	glucose	H	H	OH	OH	10-11,15,20
4	槲皮素-3- <i>O</i> -木糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -xyloside)	xylose	H	H	OH	OH	19,21
5	槲皮素-3- <i>O</i> -阿拉伯糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -arabinoside)	arabinose	H	H	OH	OH	20-23
6	槲皮素-3- <i>O</i> -β- <i>D</i> -木糖-(1→2)-β- <i>D</i> -半乳糖苷 (quercetin-3- <i>O</i> -sambubioside)	sambubiose	H	H	OH	OH	18
7	芦丁 (quercetin 3- <i>O</i> -rutinoside)	rutinose	H	H	OH	OH	20-22
8	槲皮素-3'- <i>O</i> -鼠李糖苷 (quercetin-3'- <i>O</i> -rhamnoside)	H	H	H	<i>O</i> -rhamnose	OH	21
9	绣线菊苷 (quercetin-4'- <i>O</i> -glucoside)	H	H	H	OH	<i>O</i> -glucose	23
10	槲皮素-5,7- <i>O</i> -二葡萄糖苷 (quercetin di- <i>O</i> -glycoside)	H	glucose	glucose	OH	OH	21
11	山柰酚 (kaempferol)	H	H	H	H	OH	12-15,18,20-21,23
12	阿福豆苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -rhamnoside)	rhamnose	H	H	H	OH	18,20-21,23
13	山柰酚-3- <i>O</i> -阿拉伯糖苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -arabinoside)	arabinose	H	H	H	OH	22
14	山柰酚-3- <i>O</i> -芸香糖苷 (kaempferol-3- <i>O</i> -rutinoside)	rutinose	H	H	H	OH	21

表 2 赶黄草中二氢黄酮类化合物
Table 2 Flavanones from *P. chinense*

编号	化合物名称	R ₁	R ₂	R ₃	文献
15	乔松素 (pinocembrin)	H	H	H	15,18-19,21,24
16	乔松素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷 (pinocembrin-7- <i>O</i> -glucoside)	glucose	H	H	6-7,9-11,13-14, 18-22,24
17	山姜素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷 (alpinetin-7- <i>O</i> -glucoside)	glucose	CH ₃	H	19-21,24
18	乔松素-7- <i>O</i> -(4'',6''-六羟基联苯二甲酰基)-β-葡萄糖苷 [pinocembrin-7- <i>O</i> -(4'',6''-hexahydroxydiphenyl)-β-glucoside]	glucose-HHDP	H	H	14,20-23,25-27
19	乔松素-7- <i>O</i> -(3''- <i>O</i> -没食子酰基-4'',6''-六羟基联苯二甲酰基)-β-葡萄糖苷 [pinocembrin-7- <i>O</i> -(3''- <i>O</i> -galloyl-4'',6''-hexahydroxydiphenyl)-glucoside]	glucose-galloyl-HHDP	H	H	9,14,16-17,20-23, 25-27
20	球松素 (pinocembrin-7-methyl ether)	CH ₃	H	H	24
21	柚皮素 (naringenin)	H	H	OH	20
22	柚皮素-7- <i>O</i> -葡萄糖苷 (naringenin-7- <i>O</i> -glucoside)	glucose	H	OH	22

HHDP-六羟基联苯二甲酰基

HHDP-hexahydroxydiphenyl

表 3 赶黄草中查耳酮类化合物

Table 3 Chalcones from *P. chinense*

编号	化合物名称	R	文献
23	松属素查耳酮 (pinocembrin chalcone)	H	24
24	球松素查耳酮 (pinostrobin chalcone)	CH ₃	24

表 4 赶黄草中二氢查耳酮类化合物

Table 4 Dihydrochalcones from *P. chinense*

编号	化合物名称	R ₁	R ₂	文献
25	2',4',6'-三羟基二氢查耳酮-4'-β-D-葡萄糖苷 (2',4',6'-trihydroxydihydrochalcon-4'-β-D-glucoside)	glucose	H	20,22
26	2',6'-二羟基二氢查耳酮-4'-O-(3''-O-没食子酰基)-β-D-葡萄糖苷 [2',6'-dihydroxydihydrochalcone-4'-O-(3''-O-galloyl)-β-D-glucoside]	glucose-galloyl	H	20,28
27	thonningianin B	glucose-HHDP	H	20-22,25
28	thonningianin A	glucose-galloyl-HHDP	H	16-17,20-22,25-26
29	赶黄草苷 (penchinoside)	glucose	CH ₃	23

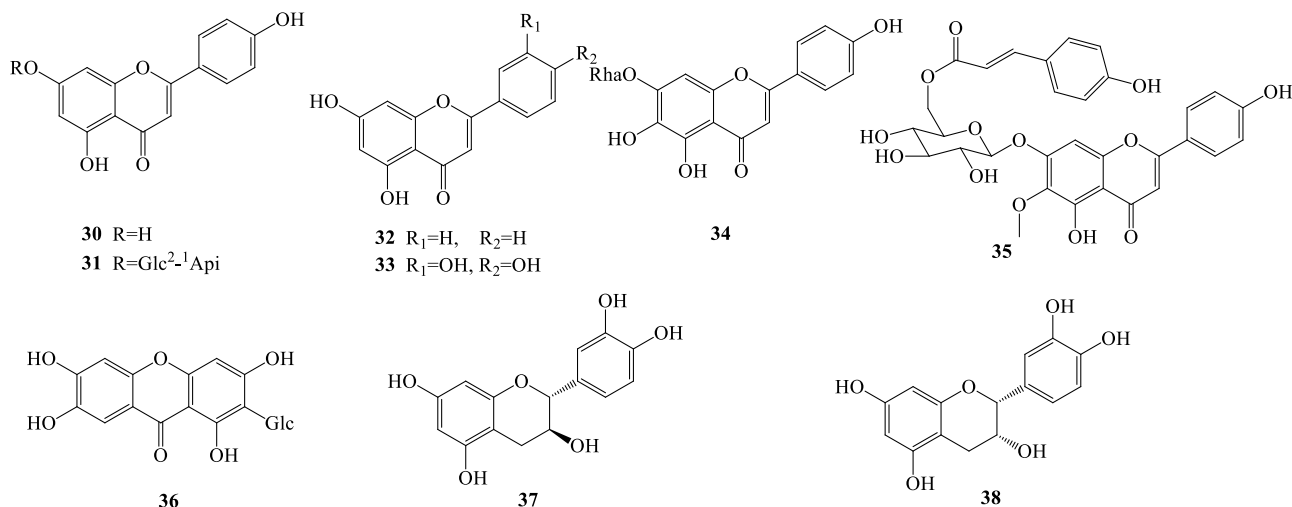


图 2 赶黄草中其他黄酮类成分结构

Fig. 2 Structures of other flavonoids from *P. chinense*

张涛等^[10-11]从赶黄草醇提取物中分离得到了 1 种全新的木脂素, 邓王萍^[14]也从赶黄草醇提取物中获得了 3 种结构类似的木脂素。为了区别于 He 等^[24,29]报道的赶黄草素 A 和 B, 将这 4 种新木脂素分别命名为赶黄草素 C (45)、D (46)、E (47) 和 F (48), 结构见图 3。赶黄草酮 A、B 为结构重排的新木脂素, 赶黄草酮 C、D 具有 2,4'-环氧-7,3'-新木脂素骨架, 6 个赶黄草素为罕见的 2,4'-环氧-8,5'-新木脂素。熊亮等^[30]认为这些特殊木脂素的生源前体均为自然界普遍存在的 8,3'-新木脂素, 但在赶黄草的次级代谢产物生源合成中, 发生了进一步的转化, 从而形成了独具特色的专属性木脂素。另外, 从赶黄草

中, 这些成分具有很强的特征性, 化合物结构见图 3。

He 等^[24,29]从赶黄草中分离得到了 3 对互为顺反异构的木脂素类化合物, 分别是赶黄草酮 A (39) 与赶黄草酮 B (40)、赶黄草酮 C (41) 与赶黄草酮 D (42)、赶黄草素 A (43) 与赶黄草素 B (44)。

中还分离得到了 (+)-松脂酚 (49)^[29]、(+)-表松脂酚 (50)^[29]、(+)-杜仲树脂酚 (51)^[29]、(+)-丁香脂素 (52)^[10-11,29]、(+)-表丁香脂素 (53)^[29] 以及 9,9'-O-diferuloyl(-)-secoisolariciresinol (54)^[10-11,20] 等木脂素类化合物。

3 香豆素类

从赶黄草中分离得到的香豆素类化合物有东莨菪素 (55)^[10-12,15]、短叶苏木酚 (56)^[14]、短叶苏木酚酸 (57)^[15,20-21]、短叶苏木酚酸甲酯 (58)^[20]、短叶苏木酚酸乙酯 (59)^[20]、岩白菜素 (60)^[18]、4-O-没食子酰岩白菜素 (61)^[18]、11-O-没食子酰岩白菜素 (62)^[18] 以及鞣花酸 (63)^[20] 等。化合物结构见图 4。

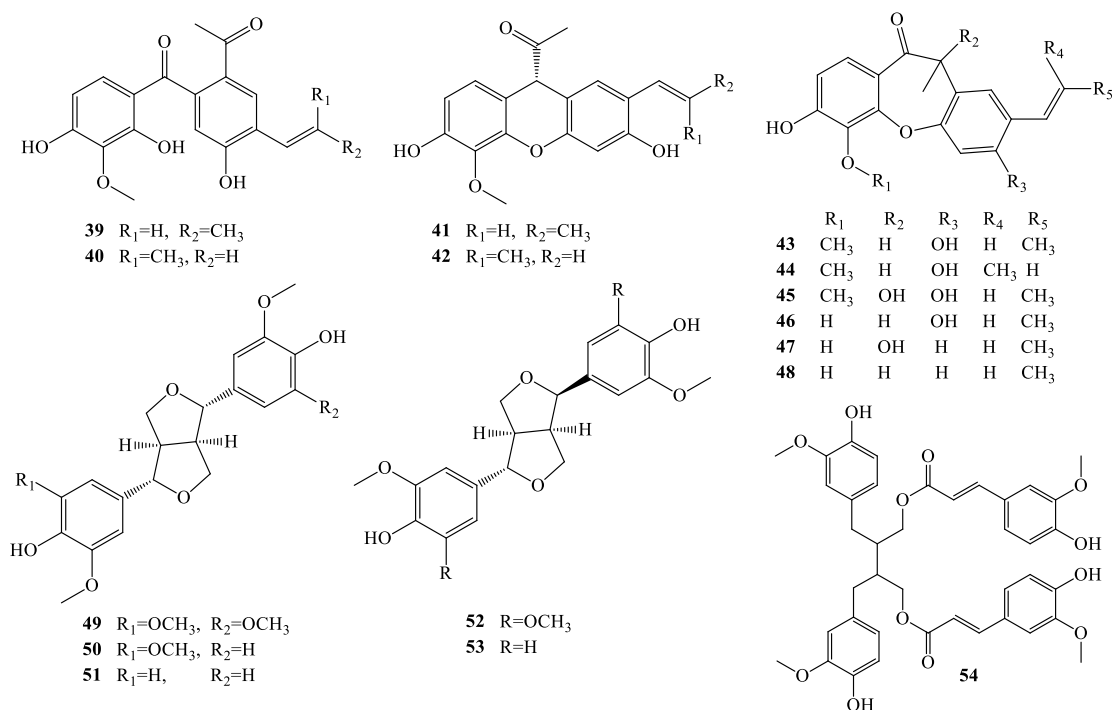


图 3 赶黄草中木脂素类化合物结构
 Fig. 3 Structures of lignans from *P. chinense*

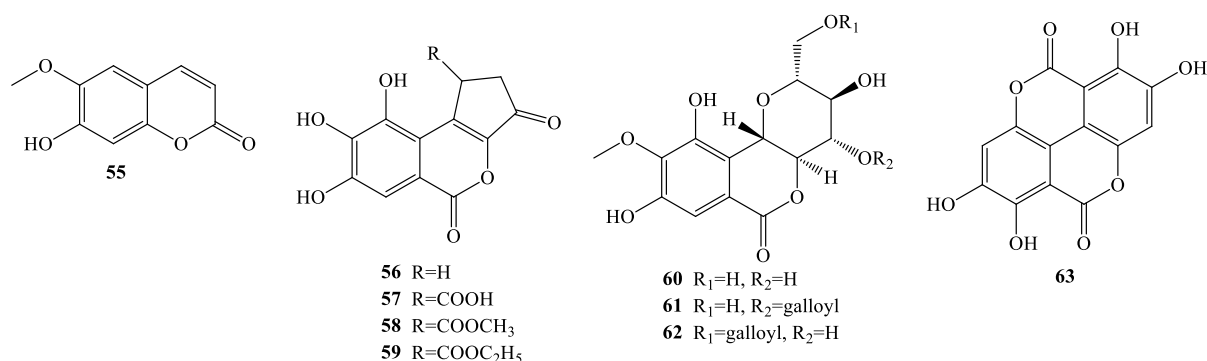


图 4 赶黄草中香豆素类化合物的结构
 Fig. 4 Structures of coumarins from *P. chinense*

4 苯乙酮类

赶黄草中苯乙酮类化合物多以糖苷形式存在, 已分离鉴定的有 2,6-二羟基苯乙酮-4-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷 (64) [6,8,14,20-22,27-28]、2,6-二羟基苯乙酮-5-(2'-亚甲基-2(5*H*)-呋喃酮)-4-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷 (65) [28]、2,6-二羟基苯乙酮-4-*O*-[4',6'-(*S*)-六羟基联苯二酰基]- β -D-葡萄糖苷 (66) [25,27] 和 2,6-二羟基苯乙酮-4-*O*-[4',6'-(*R*)-六羟基联苯二酰基]- β -D-葡萄糖苷 (67) [27]。化合物结构见图 5。

5 鞣质类

从赶黄草中分离鉴定的鞣质类化合物有 1',3',5'-三羟基苯-1'-*O*-[4,6-(*S*)-六羟基联苯二酰基]- β -D-葡萄糖苷 (68) [27]、小木麻黄素 (69) [27]、新小木麻黄素 (70) [27]、赶黄草苷 C (71) [25] 等。化合物结构见图 6。

基]- β -D-葡萄糖苷 (68) [27]、小木麻黄素 (69) [27]、新小木麻黄素 (70) [27]、赶黄草苷 C (71) [25] 等。化合物结构见图 6。

6 三萜类

赶黄草中三萜类化合物有乌苏酸 (72) [10-11,15]、2 β ,3 β ,23-三羟基-乌苏酸 (73) [10-11]、扯根菜苷 (74) [15]、羽扇豆醇 (75) [10-11,15] 和桦木酸 (76) [10-11], 其中扯根菜苷是从乙醇水溶液提取物中分离鉴定的三萜类化合物。化合物结构见图 7。

7 有机酸及其糖苷类

赶黄草中的有机酸及其糖苷类化合物主要有 2,4,6-三羟基苯甲酸 (77) [7]、没食子酸 (78) [6-11,13-15,18-22]、

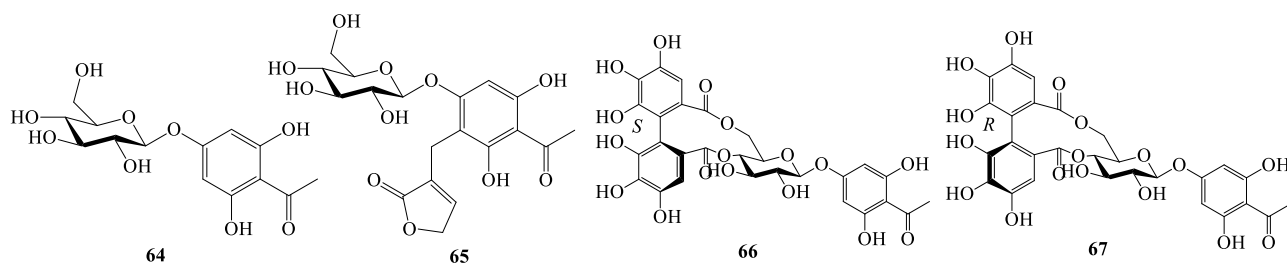


图 5 赶黄草中苯乙酮类化合物的结构

Fig. 5 Structures of acetophenones from *P. chinense*

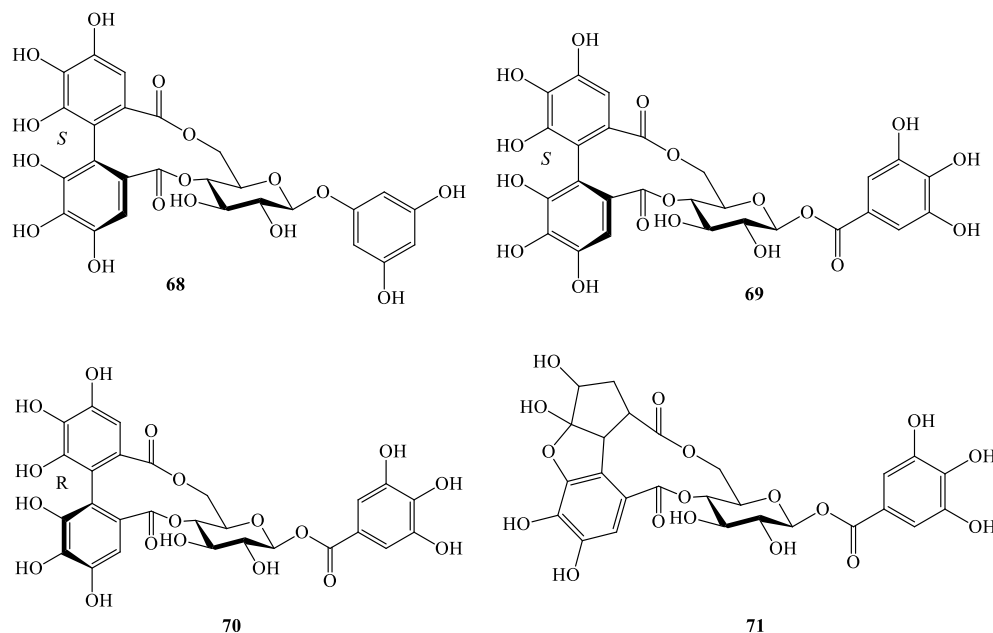


图 6 赶黄草中鞣质类化合物的结构

Fig. 6 Structures of tannins from *P. chinense*

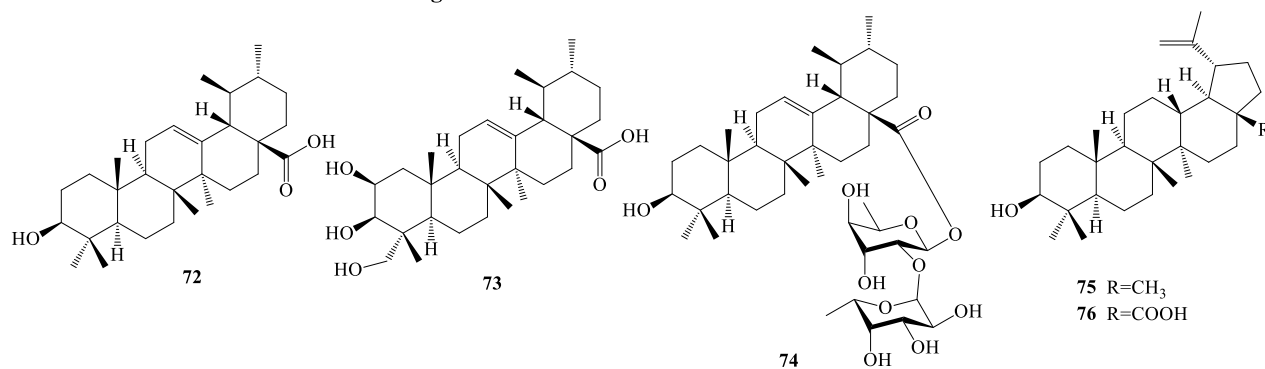


图 7 赶黄草中三萜类化合物的结构

Fig. 7 Structures of triterpenoids from *P. chinense*

没食子酸甲酯 (79) [20]、没食子酸乙酯 (80) [21]、原儿茶酸 (81) [18,22]、香草酸 (82) [18]、诃子次酸 (83) [15]、阿魏酸葡萄糖苷 (84) [28]、芥子酰葡萄糖苷 (85) [28]、(E)-苯丙烯-3-甲氧基-[6"-O-没食子酰基]-4-O-β-D-吡喃葡萄糖苷 (86) [28]、十二酸 (87) [31]、

肉豆蔻酸 (88) [31]、棕榈酸 (89) [10-11,15,31] 和亚油酸 (90) [20] 等。

8 酯类

赶黄草中酯类化合物有癸酸乙酯 (91)、十二酸乙酯 (92)、十三酸乙酯 (93)、月桂酸甘油酯 (94)、

邻苯二甲酸二丁酯 (95)、邻苯二甲酸-二异丁酯 (96)、9-十六烯酸乙酯 (97)、反式-11-十六烯酸乙酯 (98)、棕榈酸乙酯 (99)、棕榈酸单甘油酯 (100)、亚油酸乙酯 (101)、反式-9-十八烯酸乙酯 (102) 等^[10-11,20,30]。

9 挥发油类

冯长根等^[31]采用气相色谱-质谱联用对赶黄草水蒸气蒸馏的挥发性成分进行分离鉴定,共鉴定了 26 个成分,除了上述的部分有机酸和酯类化合物,还有 3-萜烯 (103)、 β -蒎烯 (104)、柠檬烯 (105)、松油烯-4-醇 (106)、 α -杜松醇 (107)、(顺,顺,顺)-9,12,15-十八烷三烯-1-醇 (108)、壬醛 (109)、

β -紫罗兰酮 (110)、反式-6,10-二甲基-5,9-十一烷双烯-2-酮 (111)、6,10-二甲基-2-十一酮 (112)、(反,反)-6,10,14-三甲基-5,9,13-十五烷三烯-2-酮 (113)、6-甲基-5-庚烯-2-酮 (114)、弥罗松酚 (115) 等。

10 其他化合物

目前,还从赶黄草中分离得到了 β -谷甾醇 (116)^[6,10-12,15-17,20,22]和 β -胡萝卜苷 (117)^[6,10-12,15,20,22]2 个甾体化合物,糖苷类化合物 *n*-丁基- β -D-吡喃果糖苷 (118)^[14],脑苷脂类化合物 1-O-(β -D-glucopyranosyl)-(2*S*,2'*R*,3*R*,4*E*,8*E*)-2-[2'-hydroxy-exadecanoylamino]-4,8-octadecadiene-1,3-diol (119)^[10-11]等成分。化合物结构见图 8。

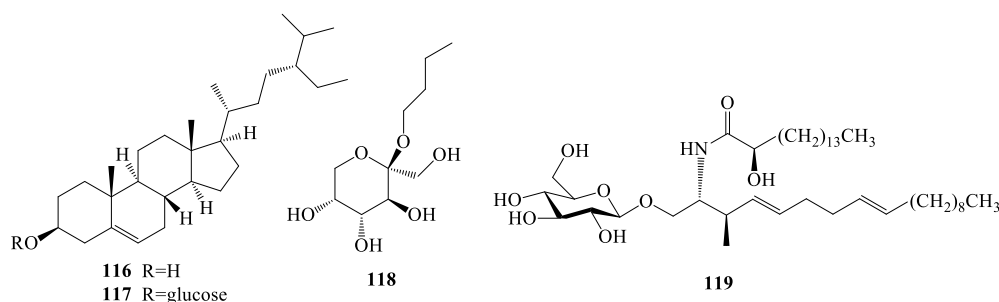


图 8 赶黄草中其他化合物的结构

Fig. 8 Structures of other compounds from *P. chinense*

11 微量元素

赶黄草中还含有 Cu、Fe、Mn、Zn、Ca、Mg、Cr、Ni 等多种微量元素。周娅等^[32]采用湿法消解和电感耦合等离子体-原子发射光谱法 (ICP-AES) 对赶黄草进行了测定,结果表明 Ca、Mg、Fe 的量较为丰富。

12 结语

赶黄草作为民间药食两用植物,关于其化学成分的研究和报道集中于近 20 年,共有约 120 个化合物,其中有 21 个以新化合物 (19、26、29、39~48、65~68、70、71、74、86) 报道,这些化合物都具有很强的特征性,尤其是木酯素类化合物。在发现的化合物中有 9 个化合物 (18、19、27、28、66~70) 具有 4,6-二羟基联苯二酰基结构,且 *S* 构型和植物中罕见的 *R* 构型均有发现。贺晓华等^[33]、杜曦等^[34]、孙宗良等^[35]和罗兴平等^[36]等对赶黄草中 12 个化学成分进行了定量分析,但还有大量化合物的量还不得而知。《四川省中药材标准》2010 年版收录了赶黄草,其质量标准仅以槲皮素作为指标成分,要求样品经酸水解后槲皮素量不少于 0.10%。熊亮

等^[30]认为槲皮素作为中药质量标志物 (Q-Marker) 还不能全面评价赶黄草的质量和功效,建议可将赶黄草酮 B 等作为赶黄草代表性的 Q-Marker。

随着近年来对赶黄草的进一步研究,许多微量和特征成分也逐渐被发现,为进一步合理开发利用赶黄草资源提供了新的化学物质基础,也为其药理作用与相关机制及临床研究提供了参考。

参考文献

- [1] 何述敏,李敏,吴众,等. 扯根菜的研究进展 [J]. 中草药, 2002, 33(6): 5-6.
- [2] 四川省中药材标准 [S]. 2010.
- [3] 中国植物志编委会. 中国植物志 (第二分册) [M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [4] 杨明. 肝苏缓释制剂的研究 [D]. 成都: 成都中医药大学, 2001.
- [5] 宋丽,臧志和,廖洪利,等. 赶黄草的研究进展 [J]. 西南军医, 2007, 9(2): 87-88.
- [6] 陈光英,袁艺,艾克蕙,等. 新药肝苏化学成分研究 [J]. 中成药, 1998, 20(11): 40-42.
- [7] 冯浩,王智民,董歌扬,等. 赶黄草化学成分的研究 [J]. 中国中药杂志, 2001, 26(4): 260-262.

- [8] 张旭, 杨明, 赶黄草有效成份的研究 [J]. 成都中医药大学学报, 2002, 25(4): 46-51.
- [9] Wang H W, Liu Y Q, Feng C G. Isolation and identification of a novel flavonoid from *Penthorum chinense* P. [J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2006, 8(8): 757-761.
- [10] Zhang T, Chen Y M, Zhang G L. Novel neolignan from *Penthorum chinense* [J]. *J Integr Plant Bio*, 2007, 49(11): 1611-1614.
- [11] 张涛. 扯根菜和唐菖蒲的化学成分研究 [D]. 成都: 中国科学院成都有机化学研究所, 2007.
- [12] 邓鐸. 扯根菜有效成分的提取及乙酸乙酯部分化学成分分析 [D]. 南充: 西华师范大学, 2009.
- [13] 贺晓华. 赶黄草抗氧化活性物质基础研究 [D]. 长沙: 湖南中医药大学, 2009.
- [14] 邓王萍. 赶黄草的化学成分及质量标准研究 [D]. 上海: 上海中医药大学, 2012.
- [15] 王燕. 鸡冠花子和扯根菜的化学成分及生物活性研究 [D]. 上海: 第二军医大学, 2012.
- [16] 姜明华. 赶黄草有效成分的分离鉴定及其活性与提取工艺研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [17] Lu Q, Jiang M H, Jiang J G, *et al.* Isolation and identification of compounds from *Penthorum chinense* Pursh with antioxidant and antihepatocarcinoma properties [J]. *J Agr Food Chem*, 2012, 60(44): 11097-11103.
- [18] 付明, 魏麟, 余娟, 等. 扯根菜的化学成分研究 [J]. 中国药学杂志, 2013, 48(22): 1911-1914.
- [19] Wang M, Jiang Y, Liu H L, *et al.* A new flavanone from the aerial parts of *Penthorum chinense* [J]. *Nat Prod Res*, 2014, 28(2): 70-73.
- [20] 黄豆豆. 肝苏颗粒质量控制研究 [D]. 上海: 第二军医大学, 2014.
- [21] Guo W, Jiang Y, Chen X, *et al.* Identification and quantitation of major phenolic compounds from *Penthorum chinense* pursh. by HPLC with tandem mass spectrometry and HPLC with diode array detection [J]. *J Sep Sci*, 2015, 38(16): 2789-2796.
- [22] 孙宗良. 赶黄草活性成分的研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2016.
- [23] 张潇, 蒙春旺, 何亚聪, 等. 赶黄草黄酮类化学成分研究 [J]. 中草药, 2017, 48(1): 31-35.
- [24] He Y C, Peng C, Xie X F, *et al.* Penchinones A-D, two pairs of cis-trans isomers with rearranged neolignane carbon skeletons from *Penthorum chinense* [J]. *RSC Adv*, 2015, 94(5): 76788-76794.
- [25] Huang D D, Jiang Y, Chen W S, *et al.* Polyphenols with anti-proliferative activities from *Penthorum chinense* Pursh [J]. *Molecules*, 2014, doi: 10.3390/molecules190811045.
- [26] Huang D D, Jiang Y, Chen W S, *et al.* Evaluation of hypoglycemic effects of polyphenols and extracts from *Penthorum chinense* [J]. *J Ethnopharmacol*, 2015, 163(2): 256-263.
- [27] Era M, Matsuo Y, Shii T, *et al.* Diastereomeric ellagitannin isomers from *Penthorum chinense* [J]. *J Nat Prod*, 2015, 78(8): 2104-2109.
- [28] Huang D D, Jiang Y, Chen W S, *et al.* New phenolic glycosides isolated from *Penthorum chinense* Pursh [J]. *Phytochem Lett*, 2015, doi: 10.1016/j.phytol.2014.12.012.
- [29] He Y C, Zou Y K, Peng C, *et al.* Penthorin A and B, two unusual 2,4'-epoxy-8,5'-neolignans from *Penthorum chinense* [J]. *Fitoterapia*, 2015, 100: 7-10.
- [30] 熊亮, 彭成. 基于中药质量标志物 (Q-Marker) 的基本条件研究益母草和赶黄草的 Q-Marker [J]. 中草药, 2016, 47(13): 2212-2220.
- [31] 冯长根, 汪洪武, 任启生. 赶黄草挥发油化学成分的气相色谱-质谱分析 [J]. 中国药学杂志, 2003, 38(5): 340-341.
- [32] 周娅, 杨定清, 谢永红, 等. ICP-AES 测定赶黄草中的微量元素 [J]. 光谱实验室, 2011, 28(2): 563-565.
- [33] 贺晓华, 王小淞, 曾建国, 等. HPLC 法测定赶黄草中槲皮苷、槲皮素和乔松素-7-O-葡萄糖苷 [J]. 中草药, 2009, 40(6): 981-983.
- [34] 杜曦, 唐斌, 张青碧, 等. 赶黄草中没食子酸槲皮素及 β -谷甾醇的高效液相色谱测定法 [J]. 环境与健康杂志, 2011, 28(4): 358-359.
- [35] 孙宗良, 张起辉. 高效液相色谱法同时测定赶黄草中9个化学成分的含量 [EB/OL]. [2016-06-01]. <http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/201606-460>.
- [36] 罗兴平, 杨玲霞. 高效液相色谱法同时测定赶黄草中槲皮素和山柰酚含量 [J]. 中国中医药信息杂志, 2016, 23(3): 77-79.