

海漆属植物二萜类成分及其药理活性的研究进展

曾 涌*, 罗建军, 何文生#, 李 航(重庆市大足区人民医院, 重庆 402360)

中图分类号 R284;R285 文献标志码 A 文章编号 1001-0408(2015)28-4017-04
DOI 10.6039/j.issn.1001-0408.2015.28.41

摘要 目的:为海漆属植物的开发利用提供参考依据。方法:以“海漆属”“二萜”“*Excoecaria*”等为关键词,组合查阅1995年1月至2015年5月收录于中国知网、ACS Publications、Scimedirect、Springer LINK、Taylor & Francis ST、J-STAGE等数据库的相关文献,对海漆属植物中的二萜类成分及其药理活性研究进展进行综述。结果与结论:共查阅到148篇文献,其中有效文献45篇。经综合分析可知,海漆属植物二萜类成分多分布于海漆、云南土沉香、红背桂花、*E. parvifoliap*、*E. indica*,以半日花烷、异海松烷、贝叶烷、贝壳杉烷、阿替烷、巴豆烷型为主;其药理作用主要有抗人类免疫缺陷病毒(HIV)、抗肿瘤、抗炎等活性,具有深入研究和开发的價值。

关键词 海漆属;二萜;药理活性

大戟科海漆属(*Excoecaria* L.)植物全世界约有40种,我国有6种和1个变种,分别是海漆、红背桂花、绿背桂花、鸡尾木、兰屿土沉香、云南土沉香(又名刮筋板)、狭叶土沉香^[1],其中海漆和云南土沉香研究得较多,应用也相对广泛。海漆可泻下、攻毒,用于体实便秘、皮肤顽固性溃疡、手足肿毒;云南土沉香具有破血、消积、抗疟等功效,主治癥瘕、臌胀、食积、黄疸、疟疾等^[2]。现代药理研究表明,海漆属植物中二萜类成分为其主要活性物质^[3],具有抗人类免疫缺陷病毒(HIV)、抗肿瘤、抗炎等作用。为了更好地开发利用该属植物,笔者以“海漆属”“二萜”“*Excoecaria*”等为关键词,组合查阅1995年1月至2015年5月收录于中国知网、ACS Publications、Scimedirect、Springer LINK、Taylor&Francis ST、J-STAGE等数据库中的相关文献,结果共查阅到148篇文献,其中有效文献45篇。现对海漆属植物中的二萜类成分及其药理活性研究进展进行综述。

1 海漆属植物中的二萜类成分

研究发现,海漆属植物中富含二萜类成分,尤以半日花烷、海松烷、贝叶烷、贝壳杉烷、阿替烷、巴豆烷等为主。1995年1月—2015年5月,学者们共分离到了154个二萜类化合物(化合物1~154),其中新化合物101个,约占总数的2/3。

1.1 半日花烷二萜

半日花烷二萜属二环二萜,具有抗菌消炎和抗肿瘤生物活性^[4]。本属植物中共分离到46个化合物(化合物1~46),其中新化合物36个。

1.2 海松烷二萜

海松烷二萜属三环二萜,有解痉、松弛肌肉、抗肿瘤、抗炎等作用^[4]。海漆属、巴豆属和侧柏属等高等植物是其来源,真菌培养物中亦有发现。该类二萜中以异海松烷型为主,仅发现少量海松烷型。二者的不同之处在于,前者的C-17位甲基为 β 型,而后的该位甲基为 α 型。本属植物中共发现异海松烷二萜化合物22个(化合物47~68),其中新化合物18个;海松烷二萜化合物4个(化合物69~72),其中新化合物3个。

1.3 贝叶烷二萜

贝叶烷二萜属四环二萜,自然界中多以对映-贝叶烷存在,

* 硕士研究生。研究方向:天然药物化学。电话:023-43780213。

E-mail:zengy815@163.com

通信作者:副主任中药师。研究方向:中药化学与药事管理。

E-mail:346809650@qq.com

其药理活性少有报道。本属植物中共分离到28个化合物(化合物73~100),其中新化合物11个。

1.4 贝壳杉烷二萜

贝壳杉烷二萜以氢化菲为母核,结构复杂类型多样,在医药领域应用广泛,多具有抗菌、抗肿瘤等生物活性^[4]。本属植物中共分离到16个化合物(化合物101~116),其中新化合物12个。

1.5 阿替烷二萜

阿替烷二萜为四环二萜,大部分以二萜生物碱形式存在,具有抗血小板聚集作用^[5]。本属植物中共分离到14个化合物(化合物117~130),其中新化合物9个。

1.6 巴豆烷二萜

巴豆烷二萜属大环二萜,具强烈的刺激性、致炎及辅助致癌毒性^[4]。本属植物中共分离到12个化合物(化合物131~142),其中新化合物5个。

1.7 瑞香烷二萜

瑞香烷二萜抗肿瘤活性高^[4],多分布于大戟科和瑞香科植物,其基本骨架是由5/7/6三环稠合而成。本属植物中共发现5个化合物(化合物143~147),其中3个为新化合物。

1.8 其他

除上述二萜外,海漆属中还分离到1个闭花木烷二萜化合物(化合物148)、1个松香烷二萜化合物(化合物149)、1个链状二萜化合物(化合物150),以及4个新骨架二萜化合物(化合物151~154)。

海漆属植物中的二萜类化合物^[6-43]详见表1。

2 海漆属植物二萜成分的药理作用

2.1 抗HIV作用

1995年,Erickson KL等^[40]发现,从海漆的茎皮中分离到的化合物131能有效抑制HIV-1的复制。2013年,Huang SZ等^[42]从云南土沉香中分离到的化合物65~67,经体外研究表明化合物65、66均具有较弱的抗HIV-1活性,其半数抑制浓度(IC₅₀)分别为>628.93、92.31 $\mu\text{mol/L}$,半数有效浓度(EC₅₀)为169.64、21.97 $\mu\text{mol/L}$ 。之后,Huang SZ等^[41]对化合物133~136、143的抗HIV-1活性进行了研究,结果显示化合物133~136均具有中等强度的抗HIV-1活性(EC₅₀分别为0.258、0.036、0.046、0.978 $\mu\text{mol/L}$),并指出巴豆烷二萜C-13位的脂酰基可能影响其活性。

2.2 抗肿瘤活性

1998年,Konishi T等^[44]对海漆中分离到的17个二萜类化

表1 海漆属植物中的二萜类化合物

编号	化合物名称	类型	植物来源	参考文献
1*	<i>ent</i> -11 α -hydroxy-3-oxo-13- <i>epi</i> -manoyl oxide	I	a	[6]
2*	<i>ent</i> -16-hydroxy-3-oxo-13- <i>epi</i> -manoyl oxide	I	a	[6]
3*	<i>ent</i> -15-hydroxy-labda-8(17), 13 <i>E</i> -diene-3-one	I	a	[6]
4	ribenone	I	a,b	[6-7]
5	ribenol	I	a	[6]
6	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -manoyl oxide	I	a	[6]
7*	excoecarin A	I	a	[8]
8*	excoecarin B	I	a	[8]
9*	excoecarin C	I	a	[8]
10*	excoecarin H	I	a	[9]
11*	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -8, 13-epoxy-2-hydroxylabda-1, 14-dien-3-one	I	a	[10]
12*	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -8, 13-epoxy-14 <i>S</i> , 15-hydroxylabdan-3-one	I	a	[10]
13*	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -8, 13-epoxy-2, 3-secolabd-14-ene-2, 3-dioic acid	I	a,f	[10-11]
14*	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -8, 13-epoxy-2, 3-secolabd-14-ene-2, 3-dioic acid 3-methyl ester	I	a	[10]
15*	<i>ent</i> -13- <i>epi</i> -8, 13-epoxy-2-oxa-3-oxolabd-14-ene-1 <i>R</i> -carboxylic acid	I	a	[10]
16*	agallochin A	I	a	[12]
17*	agallochin B	I	a	[12]
18*	agallochin C	I	a	[12]
19*	agallochin E	I	a	[12]
20	labda-8(17), 13 <i>E</i> -diene-3 β , 15-diol	I	a	[12]
21*	agallochin M	I	a	[13]
22*	agallochin N	I	a	[13]
23*	excoecarin R1	I	a	[14]
24*	excoecarin R2	I	a	[14]
25*	excoecarin S	I	a	[15]
26*	excoecarin T1	I	a	[15]
27*	excoecarin T2	I	a	[15]
28	<i>ent</i> -15, 18-dihydroxylabda-8(17), 13 <i>E</i> -diene	I	a	[16]
29	<i>ent</i> -labda-8(17), 13 <i>E</i> -diene-3 β , 15-diol	I	a	[17]
30	kayadiol	I	a	[18]
31	<i>ent</i> -3-oxo-13- <i>epi</i> -manoyl oxide	I	a	[19]
32*	excoecarin F	I	a	[20]
33*	excoecarin G1	I	a	[20]
34*	excoecarin G2	I	a	[20]
35*	agallochaexcoerin A	I	a	[21]
36*	agallochaexcoerin B	I	a	[21]
37*	agallochaexcoerin C	I	a	[21]
38	<i>ent</i> -15-hydroxylabd-8(17), 13 <i>E</i> -dien-3-one	I	a	[22]
39	<i>ent</i> -15, 18-dihydroxylabd-8(17), 13 <i>E</i> -diene	I	a	[22]
40*	excolabdane A	I	c	[23]
41*	excolabdane B	I	c	[23]
42*	excolabdane C	I	c	[23]
43*	excolide A	I	a	[24]
44*	11- <i>epi</i> -excolide A	I	a	[24]
45*	11, 13-di- <i>epi</i> -excolide A	I	a	[24]
46*	excolide B	I	a	[24]
47*	agallochin D	II	a	[12]
48*	agallochin J	II	a,b,c	[7, 25-26]
49*	agallochin K	II	a,b,c	[7, 25-26]
50*	agallochin L	II	a	[25]
51*	agallochaol A	II	a	[27]
52*	agallochaol B	II	a	[27]
53*	3 α , 11 β -dihydroxy- <i>ent</i> -isopimara-8(14), 15-dien-2-one	II	a	[17]
54*	agallochaol D	II	a	[28]
55*	agallochaol E	II	a	[28]
56*	agallochaol F	II	a	[28]
57	8(14), 15-isopimaradiene-7 α , 18-diol	II	a	[18]

续表1

编号	化合物名称	类型	植物来源	参考文献
58*	agallochaone A	II	a	[29]
59	3-oxo-sandaracopimaradiene	II	a	[19]
60	<i>ent</i> -3 β , 11 α -dihydroxyisopimara-8(14), 15-dien-2-one	II	a	[22]
61*	agallochaexcoerin D	II	a	[30]
62*	agallochaexcoerin E	II	a	[30]
63*	agallochaexcoerin F	II	a	[30]
64*	acerifolin B	II	b	[31]
65*	12 α , 14 α -dihydroxy-3-oxo-isopimara-8(9), 15-diene	II	b	[32]
66*	3 β , 12 α , 14 α -trihydroxy-isopimara-8(9), 15-diene	II	b	[32]
67*	13 β , 12 α -dihydroxy-3, 14-dioxo-isopimara-8(9), 15-diene	II	b	[32]
68	14 α , 18-dihydroxy-7, 15-isopimaradiene	II	b	[7]
69*	excoecarinol A	III	b	[7]
70*	excoecarinol B	III	b	[7]
71*	excoecarinol C	III	b	[7]
72	7 β , 12 β -dihydroxypimara-8, 15-dien-14-one	III	b	[7]
73*	excoecarin D	IV	a	[33]
74*	excoecarin E	IV	a	[33]
75	stachenol	IV	a,d	[33-34]
76	stachenone	IV	a,d	[33-34]
77	<i>ent</i> -3 β -hydroxy-15-beyerene-2-one	IV	a	[33]
78*	agallochin G	IV	a	[35]
79*	agallochin H	IV	a	[35]
80*	agallochin I	IV	a	[35]
81	2-acetoxy-1, 15-beyeradiene-3, 12-dione	IV	a	[35]
82	2-hydroxy-1, 15-beyeradiene-3, 12-dione	IV	a	[35]
83	<i>ent</i> -15-epoxy-beyerene-3 α -ol	IV	a	[15]
84	<i>ent</i> -12-oxo-2, 3-secobeyer-15-ene-2, 3-dioic acid	IV	a	[15]
85	<i>ent</i> -2, 3-secobeyer-15-ene-2, 3-dioic acid	IV	a	[16]
86*	excoecarin V1	IV	a	[16]
87	<i>ent</i> -3 β -hydroxybeyer-15-ene-2, 12-dione	IV	a	[17]
88	<i>ent</i> -3 β -hydroxybeyer-15-en-2, 12-dione	IV	a	[22]
89	3 β , 20-epoxy-3 α , 6 α -dihydroxy-18-norbeyer-15-ene	IV	b	[36]
90*	excoecarinol E	IV	b	[7]
91*	<i>ent</i> -3-oxa-beyer-15-en-2-one	IV	d	[34]
92*	<i>ent</i> -15, 16-epoxy-2-hydroxy-19-norbeyer-1, 4-dien-3-one	IV	d	[34]
93*	methyl <i>ent</i> -2, 4-seco-15, 16-epoxy-4-oxo-3, 19-dinorbeyer-15-en-2-oate	IV	d	[34]
94*	<i>ent</i> -2, 17-dihydroxy-19-norbeyer-1, 4, 15-trien-3-one	IV	d	[34]
95	<i>ent</i> -2-hydroxy-norbeyer-1, 4, 15-trien-3-one	IV	d	[34]
96	methyl <i>ent</i> -2, 4-seco-4-oxo-3, 19-norbeyer-15-en-2-oate	IV	d	[34]
97	<i>ent</i> -2, 6 β -dihydroxy-norbeyer-1, 4, 15-trien-3-one	IV	d	[34]
98	<i>ent</i> -2, 4-seco-4-oxo-3, 19-norbeyer-15-en-2-oic acid	IV	d	[34]
99	rhizophorin C	IV	d	[34]
100	<i>ent</i> -2, 6 α -dihydroxy-norbeyer-1, 4, 15-trien-3-one	IV	d	[34]
101*	excoecarin K	V	a	[33]
102*	excoecarin M	V	a	[37]
103*	agallochin F	V	a	[35]
104	<i>ent</i> -kauran-16 β -ol-3-one	V	a	[35]
105*	agallochin O	V	a	[13]
106*	excoecarin V2	V	a	[16]
107*	agallochaol K	V	a	[22]
108*	agallochaol L	V	a	[22]
109*	agallochaol M	V	a	[22]
110*	agallochaol N	V	a	[22]
111*	agallochaol O	V	a	[22]
112	<i>ent</i> -17-hydroxykaur-15-en-3-one	V	a	[22]
113*	agallochaol P	V	a	[22]
114	<i>ent</i> -kaur-15-en-3 β , 17-diol	V	a	[22]

续表 1

编号	化合物名称	类型	植物来源	参考文献
115	7-deoxogeayine	V	a	[22]
116*	3 α ,18-dihydroxy-3 β ,20-epoxykaur-15-ene	V	b	[36]
117*	excoecarin N	VI	a	[37]
118*	ent-3,4-seco-16 α -hydroxyatis-4(19)-en-3-oic acid	VI	a	[16]
119	ent-atisane-16 α -ol	VI	a	[16]
120	16 β -hydroxy-ent-atisan-3-one	VI	a	[17]
121*	agalchoal C	VI	a	[28]
122*	agalchoal G	VI	a	[38]
123*	agalchoal H	VI	a	[38]
124*	agalchoal I	VI	a	[38]
125*	agalchoal J	VI	a	[38]
126*	ent-16 α -hydroxy-atisane-3,4-lactone	VI	a	[39]
127	ent-16 α -hydroxy-atisane-3-one	VI	a	[39]
128	ent-atisane-3 β ,16 α -diol	VI	a	[39]
129*	agalchoal Q	VI	a	[22]
130	15-O-acetylspiraminol	VI	b	[7]
131*	12-deoxyphorbol-13-(3E,5E-decadienoate)	VII	a	[40]
132*	acerifolin A	VII	b	[31]
133*	excoecafolin A	VII	b	[41]
134*	excoecafolin B	VII	b	[41]
135*	excoecafolin C	VII	b	[41]
136	daphnopsis factor R2	VII	b	[41]
137	3-benzoate-phorbol	VII	b	[41]
138	4-O-methyl-TPA	VII	b	[41]
139	irritant factor M3	VII	b	[41]
140	α -sapiine	VII	e	[42]
141	sapintoxin C	VII	e	[42]
142	12-(2-N-methylaminobezoyl)-4 α ,20-dideoxy-5-hydroxyphorbol-13-acetate	VII	e	[42]
143*	excoecafolin D	VIII	b	[41]
144*	excoecafolin E	VIII	b	[41]
145	excoecariatoxin	VIII	b	[41]
146	daphnediterp A	VIII	b	[41]
147*	venenatin	VIII	f	[11]
148	excocarinol D	IX	b	[7]
149	angustanoic acid B	X	b	[7]
150	phytol	XI	b	[36]
151*	excoagalchoal A	XII	a	[43]
152*	excoagalchoal B	XII	a	[43]
153*	excoagalchoal C	XII	a	[43]
154*	excoagalchoal D	XII	a	[43]

注: *为从海漆属植物中分离到的新二萜。a.海漆; b.云南土沉香; c.红背桂花; d.*E. parvifoliap*; e.*E. indica*; f.鸡尾木; I.半日花烷型; II.异海松烷型; III.海松烷型; IV.贝叶烷型; V.贝壳杉烷型; VI.阿替烷型; VII.巴豆烷型; VIII.瑞香烷型; IX.闭花木烷型; X.松香烷型; XI.链状二萜; XII.新骨架二萜

合物进行了抗肿瘤活性研究,结果显示化合物2、3、9、77对非洲淋巴瘤病毒(EBV)有显著的抑制作用;研究还同时指出,在化学致癌过程中,化合物77可能是一种很有价值的体内抗肿瘤启动子,具有进一步研究的必要性。2001年,Konoshima T等^[45]发现,化合物26对EBV早期抗原有显著的抑制作用。2007年,Grace MH等^[34]发现,化合物91、95对小鼠白血病细胞系具有显著的细胞毒活性。2012年,Yamaguchi T等^[42]发现,从*E. indica*中分离到的3个佛波酯在T细胞因子(TCF)/ β -连环蛋白(TOP)转录活性试验中表现为Wnt信号增强效应。其中,95 nmol/L的化合物140能使TOP转录活性增加25倍,而

1.43 μ mol/L的化合物141和400 nmol/L的化合物142则分别可使TOP转录活性增加32倍和24倍。2013年,Wu XD等^[31]测试了云南土沉香中4个化合物对人早幼粒白血病细胞(HL-60)、肝癌细胞、人肺癌细胞、人乳腺癌细胞、人结肠癌细胞的细胞毒活性,结果显示化合物132对以上细胞均有抑制作用,IC₅₀分别为17.6、20.27、13.01、18.38、17.59 μ mol/L。2015年,Ning DS等^[11]报道了鸡尾木中二萜类成分的细胞毒活性,结果显示化合物147对HL-60细胞具有显著的抑制作用,其IC₅₀为28.10 μ mol/L。

2.3 抗炎活性

2010年,Li YX等^[22]在对海漆中的15个二萜类化合物进行体外实验时发现,化合物39、107、109、111~114具有抗炎活性。研究表明,上述化合物能抑制由肿瘤坏死因子和白细胞介素6等诱导产生的靶基因表达,同时还能阻止核转录因子 κ B的激活;化合物107、109还能阻止激活蛋白1的激活。

3 结语

总体来看,目前全世界发现的约40种海漆属植物中,二萜类成分均十分丰富。近20年来,从该属植物中共发现了154个二萜类成分,其中新化合物达101个。对这些新化合物相关药理活性的研究,不仅丰富了二萜类天然产物数据库,同时也深化了对海漆属植物二萜类成分药理活性的认识,为以二萜为先导化合物的抗HIV、抗肿瘤药研发提供了新的思路。

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44卷第3分册[M].北京:科学出版社,1997:6.
- [2] 国家中医药管理局中华本草编委会.中华本草:第12卷[M].上海:上海科学技术出版社,1999:814.
- [3] 康洁.构菌、海漆和蒙桑化学成分及生物活性研究[D].北京:中国协和医科大学,2006.
- [4] 孙汉董.二萜化学[M].北京:化学工业出版社,2012:15.
- [5] 任媛媛,王鹏,詹妮,等.二萜生物碱生物活性和毒性的研究概况[J].中国实验方剂学杂志,2010,16(11):210.
- [6] Konishi T, Azuma M, Itoga R, et al. Three new labdane-type diterpenes from wood, Excoecaria agallocha[J]. *Chem Pharm Bull*, 1996, 44(1): 229.
- [7] Huang SZ, Zhang X, Ma QY, et al. Terpenoids and their anti-HIV-1 activities from Excoecaria acerifolia[J]. *Fitoterapia*, 2013, doi: 10.1016/j.fitote.
- [8] Konishi T, Kiyosawa S, Konshima T, et al. Chemical structures of excoecarins A, B and C: three new labdane-type diterpenes from wood, Excoecaria agallocha[J]. *Chem Pharm Bull*, 1996, 44(11): 2100.
- [9] Konishi T, Konshima T, Fujiwara Y, et al. Stereostructure of excoecarin H, a novel seco-labdane-type diterpene from Excoecaria agallocha[J]. *Chem Pharm Bull*, 1998, 46(4): 721.
- [10] Konishi T, Fujiwara Y, Konshima T, et al. Five new labdane-type diterpenes from Excoecaria agallocha IV [J]. *Chem Pharm Bull*, 1998, 46(9): 1393.
- [11] Ning DS, Peng LY, Lv SH, et al. A new daphnane diterpenoid from Excoecaria venenata with inhibitory effect on human leukaemia HL-60 cells[J]. *Nat Prod Res*, 2015, 29(6): 524.

- [12] Anjaneyulu ASR, Rao VL. Five diterpenoids (agallochins A-E) from the mangrove plant *Excoecaria agallocha* Linn [J]. *Phytochemistry*, 2000, 55(8):891.
- [13] Anjaneyulu ASR, Rao VL. Seco diterpenoids from *Excoecaria agallocha* L[J]. *Phytochemistry*, 2003, 62(4):585.
- [14] Konishi T, Yamazoe K, Konoshima T, et al. New bis-seco-labdane diterpenoids from *Excoecaria agallocha*[J]. *J Nat Prod*, 2003, 66(1):108.
- [15] Konishi T, Yamazoe K, Konoshima T, et al. Seco-labdane type diterpenes from *Excoecaria agallocha*[J]. *Phytochemistry*, 2003, 64(4):835.
- [16] Konishi T, Yamazoe K, Kanzato M, et al. Three diterpenoids (excoecarins V1-V3) and a flavanone glycoside from the fresh stem of *Excoecaria agallocha*[J]. *Chem Pharm Bull*, 2003, 51(10):1142.
- [17] Kang J, Chen RY, Yu DQ. A new isopimarane-type diterpene and a new natural atisane-type diterpene from *Excoecaria agallocha*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2005, 7(5):729.
- [18] 王继栋,董美玲,张文,等.中国广西红树林植物海漆的化学成分研究[J].*天然产物研究与开发*,2006,18(6):945.
- [19] 田敏卿.两种红树林植物海漆和海桑化学成分研究[D].青岛:中国科学院海洋研究所,2007.
- [20] Konishi T, Konoshima T, Fujiwara Y, et al. Stereostructures of new labdane-type diterpenes, excoecarins F, G1, and G2 from the wood of *Excoecaria agallocha*[J]. *Chem Pharm Bull*, 1999, 47(3):456.
- [21] Gowri PM, Bhattar R, Reddy PG, et al. Three new ent-labdane diterpenoids from the wood of *Excoecaria agallocha* Linn[J]. *Helv Chim Acta*, 2009, 92(7):1419.
- [22] Li YX, Liu J, Yu SJ, et al. TNF- α inhibitory diterpenoids from the Chinese mangrove plant *Excoecaria agallocha* L [J]. *Phytochemistry*, 2010, 71(17/18):2124.
- [23] Yang JH, Luo SD, Zhao JF, et al. Three new highly oxygenated diterpenoids from *Excoecaria cochinchinensis* Lour[J]. *Helv Chim Acta*, 2005, 88(5):968.
- [24] Annam SCh, Ankireddy M, Sura MB, et al. Epimeric excolides from the stems of *Excoecaria agallocha* and structural revision of rhizophorin A[J]. *Org Lett*, 2015, 17(11):2840.
- [25] Anjaneyulu AS, Rao VL, Sreedhar K. Agallochins J-L, new isopimarane diterpenoids from *Excoecaria agallocha* L[J]. *Nat Prod Res*, 2003, 17(1):27.
- [26] 陈兵祥,王小玲.红背桂花的化学成分研究[J].*药学研究*, 2015, 34(3):147.
- [27] Wang JD, Guo YW. Agallochaols A and B, two new diterpenes from the Chinese mangrove *Excoecaria agallocha* L [J]. *Helv Chim Acta*, 2004, 87(11):2829.
- [28] Wang JD, Li ZY, Guo YW. Secoatisane and isopimarane-type diterpenoids from the Chinese mangrove *Excoecaria agallocha* L[J]. *Helv Chim Acta*, 2005, 88(5):979.
- [29] Li X, Lei J, Zheng YN, et al. New ent-isopimarane diterpene from mangrove *Excoecaria agallocha* L[J]. *Chem Res Chinese U*, 2007, 23(5):541.
- [30] Ponnappalli MG, Ankireddy M, Annam SR, et al. Unusual ent-isopimarane-type diterpenoids from the wood of *Excoecaria agallocha*[J]. *Tetrahedron Letters*, 2013, 54(23):2942.
- [31] Wu XD, Zhang LC, He J, et al. Two new diterpenoids from *Excoecaria acerifolia*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2013, 15(2):151.
- [32] Huang SZ, Ma QY, Fang WW, et al. Three new isopimarane diterpenoids from *Excoecaria acerifolia*[J]. *J Asian Nat Prod Res*, 2013, 15(7):750.
- [33] Konishi T, Konoshima T, Fujiwara Y, et al. Excoecarins D, E, and K, from *Excoecaria agallocha*[J]. *J Nat Prod*, 2000, 63(3):344.
- [34] Grace MH, Faraldos JA, Lila MA, et al. Ent-beyerane diterpenoids from the heartwood of *Excoecaria parvifoliap* [J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(4):546.
- [35] Anjaneyulu AS, Rao VL, Sreedhar K. ent-Kaurane and beyerane diterpenoids from *Excoecaria agallocha*[J]. *J Nat Prod*, 2002, 65(3):382.
- [36] Zhao YL, He QX, Li Y, et al. Chemical constituents of *Excoecaria acerifolia* and their bioactivities[J]. *Molecules*, 2010, 15(4):2178.
- [37] Konishi T, Konoshima T, Maoka T, et al. Novel diterpenes, excoecarins M and N from the resinous wood of *Excoecaria agallocha*[J]. *Tetrahedron Letters*, 2000, 41(18):3419.
- [38] Wang JD, Li ZY, Xiang WS, et al. Further new secoatisane diterpenoids from the Chinese mangrove *Excoecaria agallocha* L[J]. *Helv Chim Acta*, 2006, 89(7):1367.
- [39] Wang ZC, Lin YM, Feng DQ, et al. A new atisane-type diterpene from the bark of the mangrove plant *Excoecaria agallocha*[J]. *Molecules*, 2009, 14(1):414.
- [40] Erickson KL, Beutler JA, Cardellina JH, et al. A novel phorbol ester from *Excoecaria agallocha*[J]. *J Nat Prod*, 1995, 58(5):769.
- [41] Huang SZ, Zhang X, Ma QY, et al. Anti-HIV-1 tigliane diterpenoids from *Excoecaria acertifolia* Ditr[J]. *Fitoterapia*, 2014, doi:10.1016/j.fitote.
- [42] Yamaguchi T, Toume K, Arai MA, et al. Phorbol esters with wnt signal-augmenting effects isolated from *Excoecaria indica*[J]. *Nat Prod Commun*, 2012, 7(4):475.
- [43] Wang JD, Zhang W, Li ZY, et al. Elucidation of excogallochaols A-D, four unusual diterpenoids from the Chinese mangrove *Excoecaria agallocha*[J]. *Phytochemistry*, 2007, 68(19):2426.
- [44] Konishi T, Takasaki M, Tokuda H, et al. Anti-tumor-promoting activity of diterpenes from *Excoecaria agallocha* [J]. *Biol Pharm Bull*, 1998, 21(9):993.
- [45] Konoshima T, Konishi T, Takasaki M, et al. Anti-tumor-promoting activity of the diterpene from *Excoecaria agallocha* II [J]. *Biol Pharm Bull*, 2001, 24(12):1440.

(收稿日期:2014-11-28 修回日期:2015-06-20)

(编辑:杨小军)