

- [27] Kasimu R, Basnet P, Tezuka Y, *et al.* Danshenols A and B, new aldose reductase inhibitors from the root of *Salvia miltiorrhiza* Bunge [J]. *Chem Pharm Bull*, 1997, 45: 564.
- [28] Tezuka Y, Kasimu R, Basnet P, *et al.* Aldose reductase inhibitory constituents of the root of *Salvia miltiorrhiza* Bunge [J]. *Chem Pharm Bull*, 1997, 45: 1306.
- [29] Fujita T, Ohira K, Miyatake K, *et al.* Inhibitory effect of perillosides A and C, and related monoterpene glucosides on aldose reductase and their structure-activity relationships [J]. *Chem Pharm Bull*, 1995, 43: 920.
- [30] Matsuda H, Murakami T, Yashiro K, *et al.* Antidiabetic principles of natural medicines IV. aldose reductase and α -glucosidase inhibitors from the root of *Salvia oblonga* Wall. (Celastraceae): Structure of a new friedelan-type triterpene, kotalagenin, 16-acetate [J]. *Chem Pharm Bull*, 1994, 47: 1725.
- [31] Ji C Y Z, Anti-diabetics constituents of *Salvia chinensis* [J]. *Foreign Med Sci—Tradit Chin Med* (国外医学·中医中药分册), 2002, 24(6): 370.
- [32] Kubo M, Matsuda H, Tokuoka K, *et al.* Studies of anti-cataract drugs from natural sources I. Effects of a methanolic extract and the alkaloidal components from corydalis tuber in *in vitro* aldose reductase activity [J]. *Biol Pharm Bull*, 1994, 17: 458.
- [32] Yang T, Lian K, Hou W M, *et al.* Inhibitory activity of aldose reductase and lipid peroxidation by components of four Chinese medicinal herbs [J]. *Chin Biochem J* (生物化学杂志), 1992, 8(2): 169.

苔藓植物生物活性成分研究进展

王小宁, 姜红祥*

(山东大学药学院, 山东 济南 250012)

摘要: 苔藓植物在分类学上介于藻类植物和维管束植物之间, 依据形态可分为苔纲、藓纲和角苔纲3类, 近年来的研究表明苔藓植物是具有生物活性天然产物的巨大宝库。综述了从苔藓植物中发现的具有各种生物学活性的天然化合物, 主要包括细胞毒性、细胞生长抑制、诱导细胞凋亡、抗微生物、昆虫拒食、杀软体动物、毒鱼、致敏、抗凝血、神经生长促进、骨骼肌松弛、强心、自由基清除和酶抑制等活性。许多活性显著的化合物可以作为先导化合物, 对新药研究与开发具有重要意义。

关键词: 苔藓植物; 生物活性; 天然产物; 先导化合物

中图分类号: R282.710.5

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2005)02-0303-05

Advances in studies on bioactive compounds from bryophytes

WANG Xiao-ning, LOU Hong-xiang

(School of Pharmaceutical Science, Shandong University, Jinan 250012, China)

Key words: bryophytes; bioactivity; natural products; lead compounds

苔藓植物在分类学上介于藻类植物和维管束植物之间, 从形态学上可分为苔纲、藓纲和角苔纲3类, 全世界约有2万余种。在民间, 苔藓被广泛用于治疗外伤、烧伤、感染、肺结核、神经衰弱、惊厥、烫伤和肺炎等症。几乎所有苔藓都不被各种动物所采食, 也不被细菌、真菌或病毒所感染。所有这些都表明苔藓中存在着一一些活性物质作为自身保护剂, 来抵御外界的有害刺激。多年来对苔藓的研究一直限于分类学和地理分布等方面, 直到20世纪70年代苔藓植物化学成分和生物活性的研究工作才逐步开展起来, 目前已进行化学成分研究的苔藓植物不到10%, 共发现有700多种蒽类化合物和250多种芳香族化合物^[1]。总体来看, 苔藓植物次生代谢产物以蒽类和酚类化合物为主, 苔类植物与藓类植物所含成分类别相差较大。许多化合物特别是黄酮、联苄和部分蒽类常以二聚体或多聚体形式存在, 如藓类植物中含有的双黄酮和三黄酮, 苔类植物中的双联苄、二聚倍半蒽、二聚二蒽等化合物。从苔藓中还发现了大量在高等植物、真菌或海洋生物中

不存在的化合物。本文就从苔藓植物中获得的生物活性显著的化合物及其意义进行综述。

1 抗肿瘤活性

苔藓植物是活性天然产物的宝库, 从苔藓植物中获得了大量具有细胞毒活性的二蒽类化合物, 具有较好的开发前景。从多囊苔属 *Lepidolaena taylorii* (Gott.) Trev. 分离获得了 rabdoubrosanin (1)、rabdoubrosanin 8, 14-环氧化物(2)和另外5个8, 9-开环贝壳杉烷型二蒽(3~7)及6个贝壳杉烯-15-酮(8~13); 从叶苔属 *Jungermannia exsertifolia* ssp. *cordifolia* (Dumort.) Vana. 获得了 ent-11 α -hydroxy-16-kauren-15-one(14), 它们对 P388 细胞系和美国国立癌症研究中心(NCI)提供的60种人类肿瘤细胞系的毒性^[2]见表1。这些化合物的作用具有一定选择性, 如化合物7对白血病细胞毒性最强(半数生长抑制浓度 GI_{50} 为 0.3 μ mol/mL), 对中枢神经系统肿瘤细胞作用较弱(GI_{50} 为 6 μ mol/mL)。这些化合物是通过与细胞中含有-SH 的分子发生 Michael 反应

收稿日期: 2004-06-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30271537)

* 通讯作者 Tel: (0531)8382019 E-mail: louhongxiang@sdu.edu.cn

表 1 化合物 1~10 和 12~15 的细胞毒性
Table 1 Cytotoxicity of compounds 1—10 and 12—15

化合物	P388($\bar{x} \pm s$) GI ₅₀ /($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	60 种人类肿瘤细胞系平均 GI ₅₀ (全距 R)/($\mu\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1}$)
1	0.100±0.050	1.2 (0.11~7.44)
2	0.270±0.060	2.5 (0.29~20.2)
3	1.900±1.300	21.4 (0.99 to >100)
4	0.700±0.500	NT
5	1.200±0.600	11.0 (4 to >25)
6	0.345±0.006	NT
7	0.165±0.020	1.5 (0.04~16.2)
8	0.300±0.100	NT
9	1.100±0.500	NT
10	0.220±0.030	NT
12	0.370±0.070	NT
13	0.800±0.200	NT
14	0.480±0.006	NT
15	0.156±0.002	NT

NT-未测定
NT-not be tested

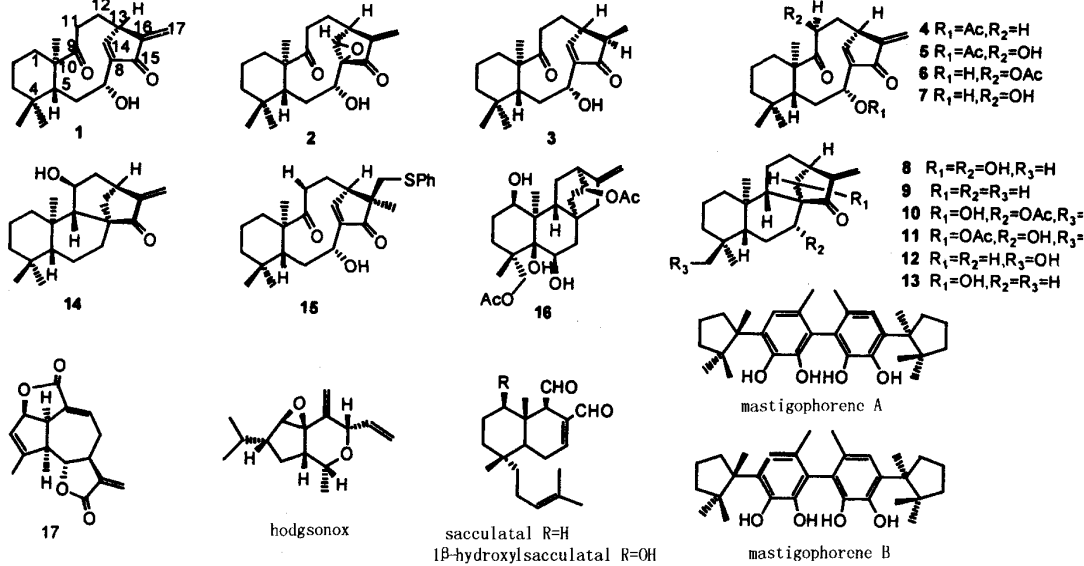


图 1 部分化合物结构

Fig. 1 Structures of some compounds

性(有效浓度, $\mu\text{g}/\text{mL}$),如从耳叶苔属膨宽耳叶苔 *Frullania dilatata* (L.) Dum. 分得的 eremofrullanolide (1.70) 和 oxyfrullanolide (0.80);从欧耳叶苔 *F. tamarisci* ssp. *obscura* (L.) Dum. 分得的 4-epiarbusculin A (0.50);从魏氏苔 *Wiesnerella denudata* (Mitt.) Steph. 分得的 8 α -acetoxyaluzanin D (1.61)^[5],从南亚瓦鳞苔 *Trocholejeunea sandvicensis* (Gott.) Mizut. 分得的去氢绿片苔烯醇 (12.5)^[5]等化合物,从钱袋苔属 *Marsupella emarginata* (Fhrh.) Subsp. *tubulosa* 分得的钱袋苔酮和乙酰钱袋苔酮对 P388 细胞系的 IC₅₀ 为 1 $\mu\text{g}/\text{mL}$,从耳叶苔属 *F. tamarisci* ssp. *nisquallensis* (Sull.) Hatt. 获得的倍半萜内酯 costunolide 对 A-549 肺肿瘤细胞系具有细胞毒性(IC₅₀ 为 12 $\mu\text{g}/\text{mL}$)^[7]。

苔藓植物中的一些联苺类化合物亦具有抗肿瘤活性。从

而发挥作用,化合物 1 的反应位点是 16,17-环外双键,与硫酚加成可得化合物 15。化合物 1~15 的结构见图 1。化合物 1 (150,100 mg/g) 和 2 (18,12 mg/g) 小鼠体内抗癌活性试验未发现有显著活性^[2],其开发仍需大量工作。从叶苔属 *J. truncata* Nees 分得对 HL-60 白血病细胞具有细胞毒性的 ent-11 α -hydroxy-16-kauren-15-one (IC₅₀ 为 0.82 $\mu\text{mol}/\text{mL}$)。进一步研究表明该化合物是 HL-60 细胞的凋亡诱导剂,且其作用不受 Bcl-2 的影响,因此有可能将其开发成为治疗 Bcl-2 过表达的耐药肿瘤的药物^[3]。卵叶羽苔 *Plagiochila ovalifolia* Mitt. ^[4]中的卵叶羽苔素 A-15-基 2E,4E,8Z-十六碳三烯酸酯和 14-羟基卵叶羽苔素 A-15-基 2E,4E-十二碳二烯酸酯对 P388 细胞有显著细胞毒性(半数抑制量 ID₅₀ 为 0.05 $\mu\text{g}/\text{mL}$);卵叶羽苔素 A (plagiochiline A) 具有细胞毒性(ID₅₀ 为 3.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$)和毒鱼活性(4×10^{-7}),对非洲粘虫也具有强拒食作用。

苔纲植物中一些倍半萜内酯对 KB 细胞亦具有抑制活

羽苔属 *P. stephensoniana* Mitt. 得到 3-甲氧基-4'-羟基联苺对猴肾细胞(BSC)表现出细胞毒性(60 $\mu\text{g}/\text{孔}$)^[8]。地钱科植物中含量丰富的地钱素 A 对 KB 肿瘤细胞株 IC₅₀ 为 8.39 $\mu\text{g}/\text{mL}$ ^[1]。歧舌苔属 *Schistochila glaucescens* (Hook.) Evans 中分得了对 P388 细胞株有中等活性的新地钱素 A、B 和地钱素 C (IC₅₀ 为 8~18 $\mu\text{g}/\text{mL}$) 及有较强活性的倍半萜 glaucescenilide (IC₅₀ 为 2.3 $\mu\text{g}/\text{mL}$)。另外获得的 glaucescens bis bibenzyl (GBB) A 和 B 的细胞毒活性与之相似^[9]。从羽枝片叶苔分离的片叶苔素(riccardin)A 和 B 对 KB 细胞的有效浓度分别为 10.0 和 12.0 $\mu\text{g}/\text{mL}$,从扁萼苔属宁扁萼苔 *Radula perrottetii* Gott. ex St. 中分离的核子木素(perrottetin)E 也对 KB 细胞表现出活性^[5]。

从鞭苔属 *Bazzania novae-zelandiae* (Mitt.) Besch. &

Massal 分离获得的 naviculyl caffeate 对 P388 细胞有中等毒性(GI_{50} 为 1.1 $\mu\text{g/mL}$),自厚角蕨 *B. fauriana* (Steph.) Hatt. 获得的 bazzaneniyl caffeate 与之类似(GI_{50} 为 0.9 $\mu\text{g/mL}$)^[10]。半合成 naviculyl caffeate 对 60 种人类肿瘤细胞系的平均 IC_{50} 为 2.5 $\mu\text{g/mL}$,对白血病细胞 (CCRF-CEM) 和非小细胞肺癌 (NCI-H522) 的抑制最高(GI_{50} 分别为 0.4 和 0.5 $\mu\text{g/mL}$)^[10]。绒苔 *Trichocolea tomentella* (Ehrh.) Dum. 中得到的脱甲氧基绒苔素 (demethoxytomentellin) 和同属 *T. mollissima* (Hook. & Tayl.) Gott. 分离的 4-[(5-氧代牻牛儿基)氧基]-3-甲氧基苯甲酸甲酯,浓度 15 $\mu\text{g/mL}$ 时对 BSC 细胞产生毒性,其细胞毒性是通过水解释放出 β -罗勒烯酮而发挥作用^[11],这 2 个化合物对 P388 细胞作用较弱(IC_{50} > 25 $\mu\text{g/mL}$),对皮肤病须发癣菌 *Trichophyton mentagrophytes* 也有弱抑制作用。从多形金发藓 *Polytrichum ohioense* Ren. & Card. 中分离到 ohioensins A~E 对多种肿瘤细胞均表现出细胞毒性(半数有效量 ED_{50} 见表 2)^[12]。

2 抗微生物活性

从苔藓植物获得了大量抗微生物、抗真菌等活性成分。利用活性跟踪的方法从一种羽苔属植物中分离到抗真菌的 3-甲氧基-4'-羟基联苯,对白色念珠菌和须疮毛癣菌的最低抑菌浓度(MIC)分别为 125 和 62.5 $\mu\text{g/mL}$ ^[8]。地钱素 A 对

表 2 Ohioensins A~E 对几种肿瘤细胞的细胞毒作用

Table 2 Cytotoxicity of ohioensins A—E against a few of human tumor cells

化合物	$ED_{50}/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$				
	9KB	9PS	A-549	MCF-7	HT-29
ohioensin A	>10	1.0	>10	9.0	>10
ohioensin B	9.7	>10	>10	3.4	4.3
ohioensin C	>10	1.0	8.7	6.7	>10
ohioensin D	>10	1.0	>10	>10	>10
ohioensin E	>10	1.0	6.2	>10	>10

表 3 地钱素 A 对各种细菌和真菌的最低抑菌浓度

Table 3 MIC of marchantin A against bacteria and fungi

菌种	$MIC/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	菌种	$MIC/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$	菌种	$MIC/(\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})$
乙酸钙不动杆菌	6.25	阴沟肠杆菌	100	红色发酵菌	100
类产碱杆菌	100	大肠杆菌	100	黑曲霉	25~100
蜡样芽孢杆菌	12.5	奇异变形杆菌	100	稻瘟病菌	12.5
巨大芽孢杆菌	25	绿脓杆菌	100	立枯丝核菌	50
枯草芽孢杆菌	25	鼠伤寒沙门氏菌	100	烟曲霉	100
新型隐球菌	12.5	金黄色葡萄球菌	3.15~25	白假丝酵母	100
须发癣菌	3.13	酿酒酵母	3.13		

一些多酚化合物如极性双黄酮等起到抗菌作用^[13]。

3 昆虫拒食作用

卵叶羽苔素 A 对非洲粘虫是强拒食剂,绿片苔酮也有类似活性。从毛缘光萼苔 *Porella vernicosa* Lindb. 及被子植物水蓼中分得的 polygodial 被认为是最有效的昆虫拒食剂之一^[13]。多囊苔属 *L. hodgsoniae* Grolle. 分得的倍半萜 hodgsonox(图 1)对丽蝇幼虫有拒食活性,在测试血清中的半数致死浓度(LC_{50})为 0.27 mg/mL ^[17]。从多囊苔属 *L. clavigera*

不同细菌及真菌具有抑制活性(表 3)。半月苔酸可使植物完全抵御真菌的侵袭^[13]。苔藓中一些倍半萜、二萜化合物亦具有较强的抗菌活性。从合叶裂齿苔 *Odontoschisma denudatum* (Nee.) Dum. 中得到 3 个网地藻烷型二萜 acetoxodontoschismedol、6,12-dihydroxydolabella-3E,7E-diene 和 6-acetoxy-12,16-dihydroxydolabella-3E,7E-diene,在 1×10^{-4} 时对灰葡萄孢 *Botrytis cinerea* Pers.、立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* Kuhn. 和 *Phythium debaryanum* Hesse. 等真菌抑制率分别为 39%、38% 和 22%^[13]。剪叶苔 *Herberta adunca* (Dick S.) S. F. Gray 中的 α -和 β -剪叶苔酚 (herbertenol) 在 $2 \times 10^{-5} \sim 6 \times 10^{-5}$ 时对上述 3 种真菌表现抑制活性, β -剪叶苔酚还具有抗脂质过氧化作用^[14]。从皮叶苔属 *Targionia lorbeeriana* K. Mill. 分得的 dehydrocostus lactone、acetyltrifloculoside 和 11-epidihydro-dehydrocostus lactone 对黄瓜黑星病 *Cladosporium cucumerinum* Ell. et Arthur 有抑制作用,对埃及伊蚊幼虫有杀灭作用,完全致死浓度 LC_{100} 分别为 12.5、50 和 5×10^{-5} ^[15],dehydrocostus lactone 对白色念珠菌也有抑制作用^[15]。从花叶溪苔 *Pellia endiviaefolia* (Dick.) Dum. 和囊绒苔 *Trichocoleopsis sacculata* (Mitt.) Okam. 中分离得到囊绒苔醛 (sacculatal, 图 1) 具有抗 HIV-1 活性(IC_{50} 为 68.8 $\mu\text{g/mL}$),并对几种肿瘤细胞如 KB 细胞(ID_{50} 为 3.2 $\mu\text{g/mL}$)、Lu1 细胞(ID_{50} 为 5.7 $\mu\text{g/mL}$)、LN 细胞(ID_{50} 为 7.6 $\mu\text{g/mL}$)和 ZR-75-1 细胞(ID_{50} 为 7.6 $\mu\text{g/mL}$)具有细胞毒性,对突变链球菌有抗菌活性(ID_{50} 为 8.0 $\mu\text{g/mL}$)^[16]。曲尾藓 *Dicranum scoparium* Hedw. 和日本曲尾藓 *D. japonicum* Mitt. 中一些长链不饱和脂肪酸 dicranenone A 和 B₁ 等对稻瘟病菌和蜡样芽孢杆菌在 $6 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-4}$ 内表现出抑菌活性^[13]。在仙鹤藓属 (*Atrichum* P. Beauv.), 曲尾藓属 (*Dicranum* Hedw.), 提灯藓属 (*Mnium* Hedw.), 金发藓属 (*Polytrichum* Hedw.) 和泥炭藓属 (*Sphagnum* L.) 植物中,估计是

(Hook.)Dum. ex Trev. 中得到的 clavigerins B 和 C 对甲虫幼虫有显著的拒食活性^[18],作用质量分数分别为 0.052% 和 0.026%,0.1% 时对衣蛾幼虫具有拒食和杀虫作用。从 *L. clavigera* 获得的 atisane 型二萜化合物 (16) 对丽蝇幼虫有中等拒食作用,并对 P388 细胞有轻度细胞毒活性(IC_{50} 为 16 $\mu\text{g/mL}$)^[19]。从光萼苔属 *P. cordaeana* (Huebener) Moore 和毛缘光萼苔的细胞混悬培养液中分得的 cinnamolide 对日本粉蝶 (*Pieris*) 属有拒食活性^[7]。

4 杀寄生虫和杀软体动物

Lorimer 等^[20]发现齿边光萼苔 *P. stephaniana* (Mass.) Hatt. 提取物有抗绵羊寄生虫 *Trichostrongylus colubriformis* (Nematoda) 活性, 并获得了活性成分 3-羟基-4'-甲氧基联苕 (IC₅₀ 为 0.13 mg/mL), 合成了作用更强的 3', 4-二甲氧基联苕。从浮苔 *Ricciocarpus natans* (L.) Corda^[13] 获得的浮苔素 (ricciocapin) A 和 B 对血吸虫宿主卷螺 *Biomphalaria glabrata* 有杀灭作用 (LC₁₀₀ 分别为 1.1×10^{-5} 和 4.3×10^{-5}), 获得的半月苔酸、5-羟基半月苔酸和合成的半月苔甲酯的 LC₁₀₀ 分别为 4.7×10^{-5} 、 8×10^{-6} 和 1×10^{-5} 。囊绒苔中分得的囊绒苔醛和 1 β -羟基囊绒苔醛 (1 β -hydroxylsacculatal) 具有较强的毒鱼活性。

5 致敏作用

许多耳叶苔科植物可引起强烈的接触性皮炎, 根据这种性质可分为两大类, A 型耳叶苔含有丰富的倍半萜内酯, 这些内酯中均含有 α -亚甲基- γ -丁内酯结构; B 型耳叶苔则不含这种倍半萜内酯。歧舌苔属 *S. appendiculata* (Hook.) Dum. ex Trev. 具有强致敏作用, 其中的化学成分是一些带有 C₁₃、C₁₅ 和 C₁₇ 长链脂肪烃基的酚及酚酸类化合物, 这些化合物引起的过敏性皮炎与银杏果中链酚类化合物引起的过敏性皮炎类似。

6 其他活性

从石地钱 *Reboulia hemisphaerica* (L.) Raddi 获得的 marchantinquinone 在 100 μ g/mL 时对凝血酶 (0.1 U/mL)、花生四烯酸 (100 μ mol/mL)、胶原 (10 μ g/mL) 和血小板活化因子 (2 ng/mL) 诱导的家兔血小板凝集有 100% 抑制作用^[21]。地钱素 A 三甲醚可对抗尼古丁引起的蛙腹直肌收缩, 其肌松作用比筒箭毒碱缓和^[22]。日本光萼苔 *P. japonica* (Lac.) Mitt. 中的化合物 17 对组织蛋白酶 B (13.4% , 1×10^{-5} mol/L) 和 L (24.7% , 1×10^{-5} mol/L) 有弱抑制作用^[23]。毛地钱中的异地钱素 C 浓度为 1×10^{-5} μ g/mL 时对组织蛋白酶 B 和 L 抑制率分别可达 93% 和 95%^[24]。疏叶剪叶苔 *Herberta sakuraii* (Warnst.) Hatt. 和硬须苔 *Mastigophora diclados* (Brid.) Nee.^[25] 中的硬须苔烯 (mastigophorene) A 和 B (图 1) 可有效地保护神经元免受活性氧自由基等毒物质的侵害, 具有促进神经元生长和增强胆碱乙酰转移酶活性作用, 可作为神经退行性疾病的预防剂。从壶苞苔 *Blasia pusilla* L. 中分得的壶苞苔素 (pusilatin) B 和 C 对 DNA 多聚酶 β 有抑制作用, IC₅₀ 分别为 13.0 和 5.16 μ mol/mL^[26], 2 个化合物都具有中等细胞毒活性。从东亚指叶苔 *Lepidozia fauriana* Steph. 分得 5 β -hydroperoxy-lepidozenolide 和 lepidozenolide 在浓度为 100 μ g/mL 时, 对去甲肾上腺素 (3 μ mol/mL) 所致的大鼠胸主动脉收缩有舒张作用, 2 个化合物均有抗血小板作用。Lepidozenolide 还显示多种活性, 如 100 μ g/mL 对金黄色葡萄球菌、白色念珠菌和胎旋毛原虫 *Trichomonas foetus* 有抑制活性; 对 P388 细胞 ED₅₀ 为 2.10 μ g/mL, 而且可抑制 K⁺ 离子 (80 mmol/mL) 和 Ca²⁺ 离子 (1.9 mmol/mL) 引起的血管收缩^[7]。从扁萼苔 *Radula complanata*

(L.) Dum. 中分得的异戊二烯基联苕化合物亦具有血管紧张素拮抗活性, 地钱素 A 有增加冠脉流量的作用, 可用作冠脉扩张剂^[5]。

7 结语与展望

苔藓植物中含有多种类型骨架的酚类化合物, 表现出良好的生物活性, 因此可以从中寻找有应用前景的先导化合物。但是由于难以采集足量样品, 对微量复杂成分的分离仍面临挑战, 所以化学家与植物学家、药理学家应密切合作, 必要时可采用细胞或组织培养技术得到足量样品, 同时应发展高效微量分离、鉴定和活性筛选技术, 确定更加有效的活性筛选模型, 快速发现活性先导化合物。我国苔藓植物资源丰富, 目前仅对少数进行了系统研究, 因此对其全面研究、开发和合理利用是非常迫切的工作。

References:

- [1] Asakawa Y. Recent advances in phytochemistry of bryophytes-acetogenins, terpenoids and bis (bibenzyl)s from selected Japanese, Taiwanese, New Zealand, Argentinean and European liverworts [J]. *Phytochemistry*, 2001, 56(3): 297-312.
- [2] Perry N B, Burgess E J, Baek S H. 11-Oxygenated cytotoxic 8, 9-secoauranes from a New Zealand liverwort, *Lepidolaena taylorii* [J]. *Phytochemistry*, 1998, 50(3): 423-433.
- [3] Nagashima F, Kondoh M, Kawase M, et al. Apoptosis-inducing properties of ent-kaurene-type diterpenoids from the liverwort *Jungermannia truncata* [J]. *Planta Med*, 2003, 69(4): 377-379.
- [4] Toyota M, Tanimura K, Asakawa Y. Cytotoxic 2, 3-secoaromadendrane type sesquiterpenoids from the liverwort *Plagiochila ovalifolia* [J]. *Planta Med*, 1998, 64(5): 462-464.
- [5] Asakawa Y. *Bryophytes: Their Chemistry and Chemical Taxonomy* [M]. Oxford: Oxford University Press, 1990.
- [6] Nagashima F, Ohi Y, Nagai T, et al. Terpenoids from some German and Russian liverworts [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33(6): 1445-1448.
- [7] Asakawa Y, Toyota M, Nagashima F, et al. Sesquiterpene lactones and acetogenin lactones from the hepaticae and chemosystematics of the liverworts *Frullania*, *Plagiochila* and *Porella* [J]. *Heterocycles*, 2000, 54(2): 1057-1093.
- [8] Lorimer S D, Perry N B, Tangney R S. An antifungal bibenzyl from the New Zealand liverwort *Plagiochila stephensoniana*, bioactivity-directed isolation, synthesis and analysis [J]. *J Nat Prod*, 1993, 56(12): 1444-1450.
- [9] Scher J M, Burgess E J, Lorimer S D, et al. A cytotoxic sesquiterpene and unprecedented sesquiterpene-bisbibenzyl compounds from the liverwort *Schistochila glaucescens* [J]. *Tetrahedron*, 2002, 58(39): 7875-7882.
- [10] Burgess E J, Larsen L, Perry N B. A cytotoxic sesquiterpene caffeate from the liverwort *Bazzania novae-zelandiae* [J]. *J Nat Prod*, 2000, 63(4): 537-539.
- [11] Perry N B, Foster L M, Lorimer S D, et al. Isoprenyl ethers from liverworts of the genus *Trichocolea*: cytotoxic activity, structural corrections, and synthesis [J]. *J Nat Prod*, 1996, 59(8): 729-733.
- [12] Zheng G Q, Chang C J, Stout T J, et al. Ohioensins: novel benzonaphthoxanthones from *Polytrichum ohioense* [J]. *J Org Chem*, 1993, 58(2): 366-372.
- [13] Wang Q, Luo X. The application of bryophytes in plant prevention [J]. *Guizhou Sci* (贵州科学), 2001, 19(4): 93-100.
- [14] Gupta P D, Pal A, Roy A, et al. New total synthesis of (±)-herbertene, (±)- β -herbertenol and (±)-herbertenediol [J]. *Tetrahedron Lett*, 2000, 41(39): 7563-7566.
- [15] Neves M, Rui M, Stefan G, et al. New sesquiterpene lactones from the Portuguese liverwort *Targionia lorbeeriana* [J]. *Phytochemistry*, 1999, 50(6): 967-972.
- [16] Hashimoto T, Okumura Y. The absolute structures of new 1 β -hydroxylsacculatan-type diterpenoids with piscicidal activity from the liverwort *Pellia endiviifolia* [J]. *Chem Pharm Bull*, 1995, 43(11): 2030-2032.
- [17] Ainge G D, Gerard P J, Hinkley S F R, et al. Hodgsonox, a new class of sesquiterpene from the liverwort *Lepidolaena*

- hodgsoniae* isolation directed by insecticidal activity [J]. *J Org Chem*, 2001, 66(8): 2818-2821.
- [18] Perry N B, Burgess E J, Foster L M, et al. Insect antifedant sesquiterpene acetals from the liverwort *Lepidolaena clavigera* [J]. *Tetrahedron Lett*, 2003, 44(8): 1651-1653.
- [19] Perry N B, Burgess E J, Baek S H, et al. The first atisane diterpenoids from a liverwort: polyols from *Lepidolaena clavigera* [J]. *Organic Lett*, 2001, 3(26): 4 243-4 245.
- [20] Lorimer S D, Perry N B, Foster L M, et al. A nematode larval motility inhibition assay for screening plant extracts and natural products [J]. *J Agric Food Chem*, 1996, 44(9): 2 842-2 845.
- [21] Wei H C, Ma S J, Wu C L. Sesquiterpenoids and cyclic bis-benzyls from the liverwort *Reboulia hemisphaerica* [J]. *Phytochemistry*, 1995, 39(1): 91-97.
- [22] Taira Z, Takei M, Endo K, et al. Marchantin A trimethyl ether; its molecular structure and tubocurarine-like skeletal muscle relaxation activity [J]. *Chem Pharm Bull*, 1994, 42(1): 52-56.
- [23] Hashimoto T, Irita H, Yoshida M, et al. Chemical constituents of the Japanese liverworts *Odontoschisma denudatum*, *Porella japonica*, *Pacutifolia* subsp. *tosana* and *Frullania hamatiliba* [J]. *J Hattori Bot Lab*, 1998 (84): 309-314.
- [24] Toyota M, Yoshida T, Matsunami J. Sesquiterpenoids and other constituents of the liverwort *Dumortiera hirsuta* [J]. *Phytochemistry*, 1997, 44(2): 293-298.
- [25] Irita H, Hashimoto T, Fukuyama Y, et al. Herbertane-type sesquiterpenoids from the liverwort *Herbertus sakuraii* [J]. *Phytochemistry*, 2000, 55(3): 247-253.
- [26] Yoshida T, Hashimoto T, Takaoka S, et al. Phenolic constituents of the liverwort; four novel cyclic bisbenzyl dimers from *Blasia pusilla* L. [J]. *Tetrahedron*, 1996, 52(46): 14487-14500.

宁夏药用盐生植物资源研究

牛东玲, 彭 励, 谢亚军

(宁夏大学生命科学学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:对宁夏盐碱地主要分布区野生药用植物种类进行野外调查和室内鉴定,了解宁夏地区盐碱地野生药用植物资源。宁夏地区盐碱地野生药用植物有55种,隶属于22科44属。野生药用植物资源丰富,其中药用价值高、资源丰富具备开发潜力的约10种,药用价值高但濒于灭绝的有4种,对这些资源应合理的进行开发利用。

关键词:药用盐生植物;盐碱地;资源

中图分类号:R282.23

文献标识码:A

文章编号:0253-2670(2005)02-0307-03

Study on resources of medicinal halophytes in Ningxia

NIU Dong-ling, PENG Li, XIE Ya-jun

(School of Life Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Key words: medicinal halophytes; saline-alkali soil; resources

盐害是世界上最为严重的环境问题之一,它已经成为未来农业发展和环境治理所要面临的重要课题。据统计,目前全世界分布着 $3.4 \times 10^8 \sim 9.5 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 不能耕种的盐碱地,我国就有约 $3.33 \times 10^7 \text{ hm}^2$ 的盐碱土地,另有次生盐碱土地 $6.6 \times 10^6 \text{ hm}^2$ [1]。我国是一个农业大国,重视对盐碱化土地的综合治理,对我国农业生产的发展至关重要。盐生植物是生长在盐碱土壤上的一类天然植物系,它与盐碱土壤具有十分密切的关系。因而,探索利用盐生植物进行盐碱土壤的治理,将是一条非常有效的途径。尤其是利用盐生经济植物,通过种植具有经济价值的盐生植物,一方面可以改良盐碱化土壤,另一方面还可以带来可观的经济效益。调查表明,我国现有盐生维管植物共423种,分属于66科199属,占世界盐生植物总数的27%左右,包括了各种类型的盐生植物。在盐生植物资源方面,总共有61科,128属242种,占中国盐生植物总数的57.21% [2],药用盐生植物资源就是其中的一大

类。本文主要对宁夏地区的药用盐生植物资源进行了调查研究,旨在为开发利用野生药用盐生植物资源及治理大面积盐碱化土地提供资料。

1 自然概况

宁夏回族自治区位于黄河上游中段,深居西北内陆腹地,境域东西窄而南北长,地势南高北低,气候干旱少雨,蒸发强烈。大部分地区年降水量200~400 mm,干旱指数高达3~10,是我国干旱危害最严重的地区之一。据统计,宁夏盐碱地面积约有 $3.850 \times 10^5 \text{ hm}^2$,占可利用土地面积7.87%,其中轻盐碱化土地面积为 $1.702 \times 10^5 \text{ hm}^2$,中盐碱化土地面积为 $1.743 \times 10^5 \text{ hm}^2$,重盐碱化土地面积为 $4.04 \times 10^4 \text{ hm}^2$ [3]。主要分布于宁夏北部引黄灌区和清水河川局部灌区,以银川平原北部尤为严重,其中64%耕地发生不同程度的盐碱化 [4]。

2 药用盐生植物的基本种类

收稿日期:2004-04-20

基金项目:宁夏大学自然科学基金项目

作者简介:牛东玲(1973—),女,讲师,硕士,主要从事药用植物资源方面的研究。 E-mail: niudl@nxu.edu.cn