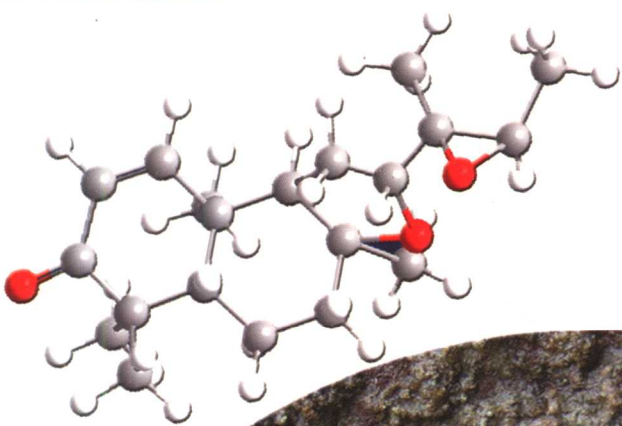


北京市重点图书

苔藓植物化学与生物学

Chemistry and Biology of Bryophytes

主编 娄红祥



 北京科学技术出版社

北京市重点图书

苔藓植物化学与生物学

Chemistry and Biology of Bryophytes

主编 姜红祥

编者 (以姓氏笔画为序)

王小宁 牛 冲 曲建博

沈 涛 温学森 谢春锋

 北京科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

苔藓植物化学与生物学 / 姜红祥主编. — 北京: 北京科学技术出版社, 2006. 1

ISBN 7-5304-3229-X

I. 苔... II. 姜... III. ①苔藓植物-化学成分
②苔藓植物-生物学 IV. Q949.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 091864 号

苔藓植物化学与生物学

主 编: 姜红祥
责任编辑: 李金莉
责任校对: 黄立辉
封面设计: 贾 晖
出 版 人: 张敬德
出版发行: 北京科学技术出版社
社 址: 北京西直门南大街 16 号
邮政编码: 100035
电话传真: 0086-10-66161951(总编室)
0086-10-66113227(发行部)
0086-10-66161952(发行部传真)
电子信箱: postmaster@bjkpress.com
网 址: www.bjkpress.com
经 销: 新华书店
印 刷: 三河国新印装有限公司
开 本: 787mm × 1092mm 1/16
字 数: 580 千
印 张: 23.5
插 页: 2
版 次: 2006 年 1 月第 1 版
印 次: 2006 年 1 月第 1 次印刷
ISBN 7-5304-3229-X/R · 839

定 价: 98.00 元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。

京科版图书, 印装差错, 负责退换。

主编简介



姜红祥,男,1965年3月29日出生。1985年山东医学院药学系(现山东大学药学院)毕业,获医学学士学位;1988年获山东省医学科学院医学硕士学位;1991年获沈阳药科大学理学博士学位。1997年3月至1998年11月,作为访问研究员,在日本国立生命工学工业技术研究所从事生理活性天然产物的研究工作。在国际性期刊和国内学术期刊上发表论文60余篇(其中SCI论文30余篇),申请专利6项。在国家自然科学基金等基金项目的资助下,对苔藓植物生物活性成分以及植物多酚类化合物进行了系统的研究。现为山东大学药学院教授、博士生导师,中国药学会理事、山东省药学会副理事长。

前言

在漫长的进化历程中,自然界中每一生物实体都建立起自己的生存法则,以应对随时发生的环境攻击和胁迫。最终,生物实体建立和发展了一整套令人类惊叹的生化系统,以防御和战胜自然界中的竞争对手。生物实体的等级划分在一定程度上也折射出了生化系统的等级划分。现在我们已经知道生物防御的实质和基础是化学防御。生物实体凭借其巧妙的合成能力,产生形形色色天然产物,完成了适者生存的历史使命。天然产物出现和产生的初衷或是适应内部生理需要,或是响应外部环境胁迫。但人们基于生物分析模型发现它们还能参与和干预另一生物实体的生化系统,改变固有的代谢流向,从而创造出相应的生理效应。这样,天然产物以先天性的结构承载了诸多后天性的功能,由生物实体中的天然产物开发成为医药和农药等。从自然界中寻找和发现这种能够对接两种生物实体生化系统的天然产物一直是药物学家和生物学家关注和研究的热点。

苔藓植物是一门最简单、最原始、惟一不含维管束结构的高等植物。它走过了一条漫长的进化历程,其历史比有花植物早了约 200 万年。但长期以来,由于难以富集足量的样本,人们对其化学成分的研究甚少,其化学价值远不如其生态学价值。

近十几年来,随着现代分离鉴定手段的发展,人们观察到许多苔藓植物既不被动物取食又不遭害虫的袭击,甚至至今还没有发现在苔藓植物中存在病毒,这使得人们对苔藓植物的化学成分产生了浓厚的兴趣。苔藓植物化学成分的研究才有了新的突破,进展迅速。迄今,人们已经从苔藓植物中分离获得了大量结构新颖而且活性显著的萜类化合物和芳香族化合物,其中许多可作为新药研究的良好先导化合物。这表明苔藓植物具有良好的化学结构多样性,是生物活性天然产物的重要宝库。我国是一个苔藓植物资源丰富的国家,已发现约有 2 万余种,但苔藓植物化学的系统研究才刚刚开始。

从 1996 年开始,在国家自然科学基金和教育部有关基金的大力资助下,我们研究小组对 30 余种苔藓植物的化学成分和生物学活性进行了系统的研究,取得了一定的成绩。目前,国内苔藓植物化学成分研究领域的著作尚属空白,在此,总结本实验室的研究工作,结合国内外该领域的最新研究成果,完成本书。

本书基于苔藓植物的化学成分,从不同层面和角度来组织和展开内容。全书共十章。第一章对苔藓植物在植物经典分类学、生态学等方面进行了简要概述。

作为本书的重点,第二、三、四章分别对苔类、藓类和地钱属植物化学成分进行了阐述。天然产物的化学全合成一直是天然药物化学工作者研究的重点领域,第五章对近年来苔藓植物的化学全合成所取得的成绩做了总结。植物化学分类学是一门发展迅速的学科,第六章对苔藓植物的化学分类专门阐述。第七章按照活性分类的方法对苔藓植物中的生物活性成分进行了总结。第八章则阐述组织培养技术及其在苔藓植物研究中的应用。结合本实验室在使用中的感受,第九章对 TLC 生物自显影方法原理和使用进行了综述。最后以“名片”的形式对 57 种苔藓植物的化学成分和生物活性做了简要介绍。

本书的出版旨在反映国内外对苔藓植物化学和生物学的最新状况,凸显苔藓植物在化学、药学、生物学、系统发育学以及生态学方面的意义,推进人们对苔藓植物的重视与研究。本书面向化学、植物学、药学及相关专业的研究生和高年级本科生,也可供从事天然药物相关领域研究的科技工作者参考。

在近 10 年的研究过程中,中国科学院沈阳应用生态研究所高谦研究员和华东师范大学朱瑞良教授不辞辛苦多次代为鉴定标本,在此特别表示衷心的感谢。

本书在撰写过程中,力求将苔藓植物研究领域的新成果、新理论、新方法展现给广大的读者。但由于学识水平所限,本书内容尚缺宽广,缺点和不妥之处在所难免,敬请读者予以批评指正。

姜红祥

2005 年 2 月于山东大学药学院

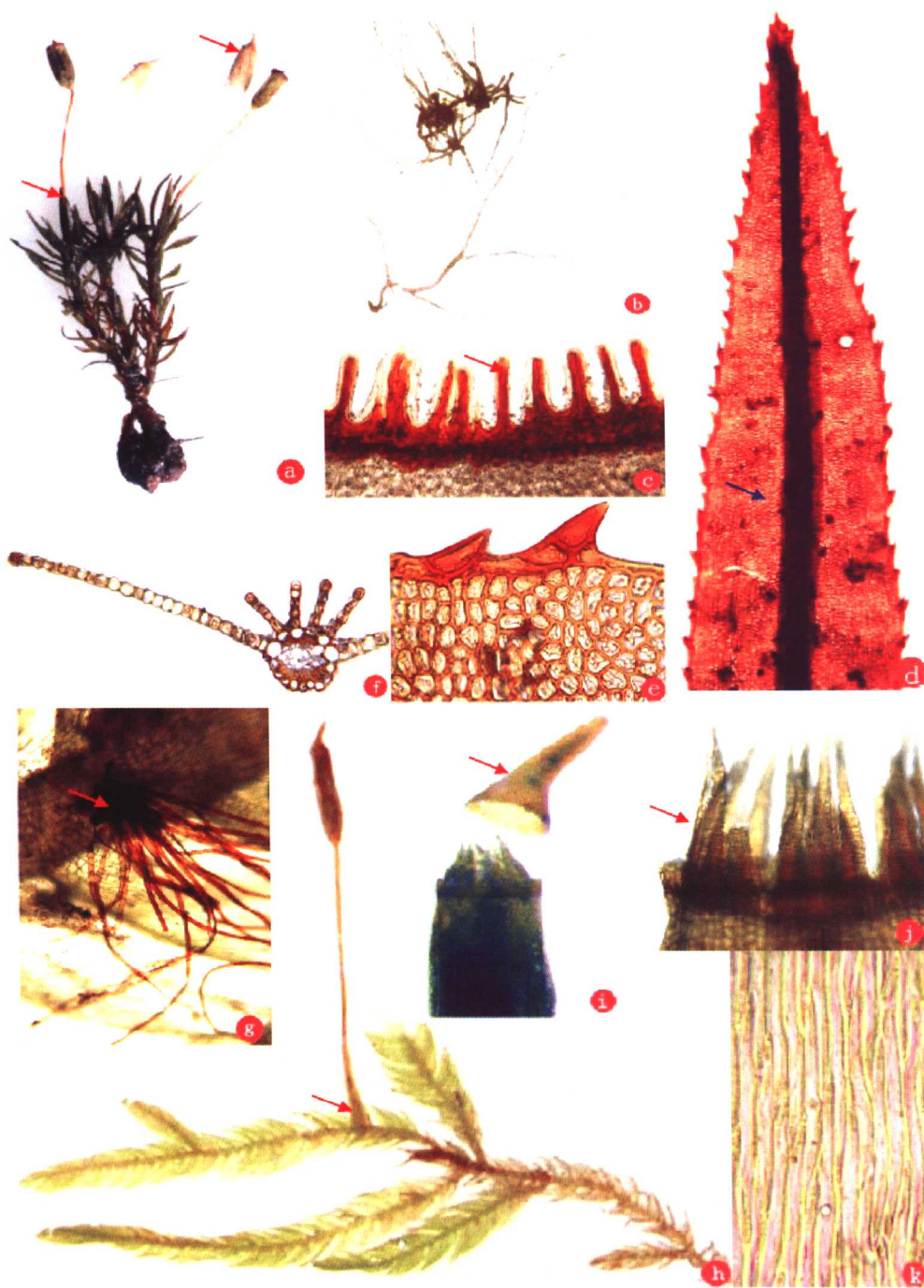


图 1-1 a ~ c: 东亚小金发藓 [*Pogonatum inflexum* (Lindb.) Lac.]; d ~ f: 仙鹤藓 [*Atrichum undulatum* (Hedw.) P. Beauv.]; g ~ k: 密叶绢藓小孢变种 [*Entodon compressus* Muell. var. *parvisporus* X. S. Wen] (a: 植物体, 示顶生孢子体及蒴帽; b: 原丝体; c, j: 蒴齿; d: 叶片中上部, 示中肋; e: 叶缘放大, 示多边形的细胞; f: 叶片横切片, 示单层细胞和中肋上的柃片; g: 茎腹面观, 示簇生的假根; h: 植物体, 示侧生孢子体; i: 孢蒴一部分, 示脱落的蒴盖; k: 叶中部狭长的细胞)

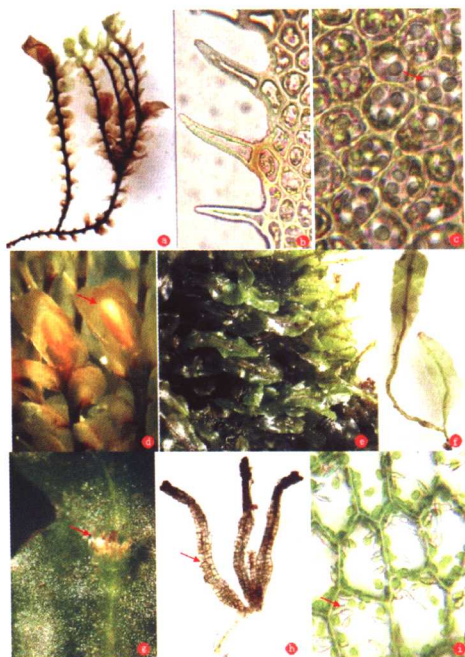


图 1-2 a~d:刺齿合叶苔 [*Scapania ciliata* S. Lac.]; e~i:多形带叶苔 [*Pallavicinia ambigua* (Mitt.) Steph.] (a,f:植物体;b:叶缘放大;c:叶中部细胞,示球形的油体;d:植株放大,示蒴萼及其中的孢蒴;e:群落;g:植株局部放大,示中肋上的雌苞;h:颈卵器;i:叶细胞放大,示纺锤形的油体)

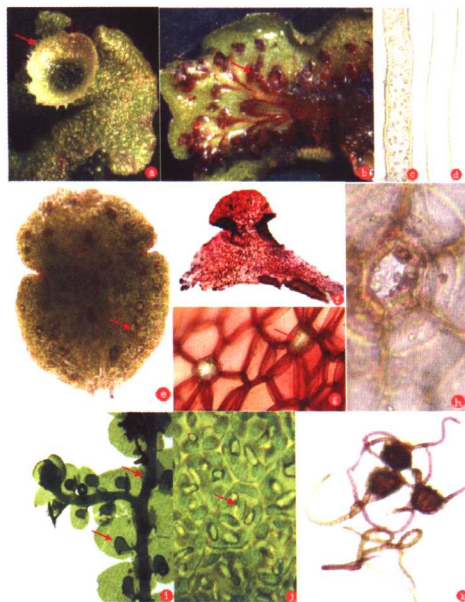


图 1-3 a~g:地钱 [*Marchantia polymorpha* L.]; h~i:石地钱 [*Reboulia hemisphaerica* L.]; j~k:钟瓣耳叶苔 [*Frullania parvistipula* Steph.] (a:叶状体背面观,示芽杯;b:叶状体腹面观,示多列腹鳞片;c:内壁粗糙的假根;d:内壁光滑的假根;e:芽胞放大,示油胞;f:腹鳞片;g:腹鳞片放大,示油胞;h:叶状体表面,示单一型气孔;i:植株腹面观,示两裂的腹叶和钟形的侧叶腹瓣;j:叶中部细胞,示长形油体;k:弹丝和孢子)

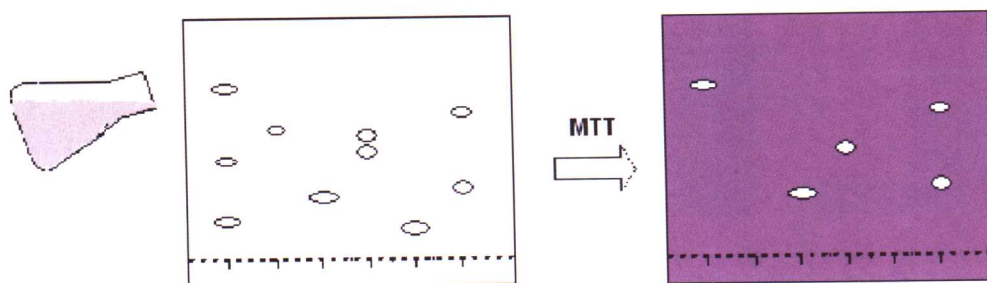
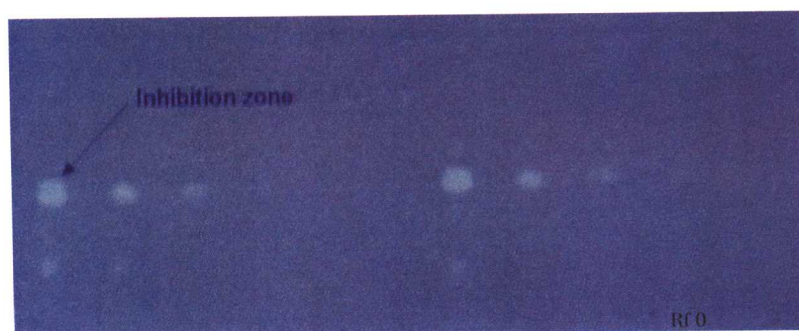
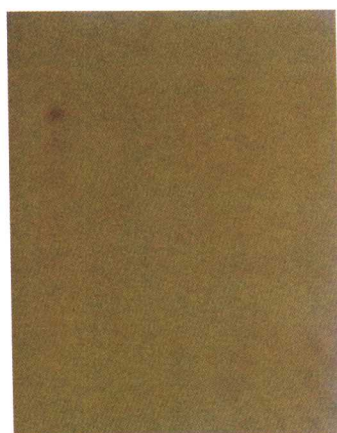


图 9-2 琼脂覆盖生物自显影



1 0.1 0.01 0.001 0.1 0.01 0.001 0.0001 μg
 加兰他敏 毒扁豆碱

图 9-3 乙酰胆碱酯酶抑制剂对照品的 TLC 生物自显影



β -胡萝卜素淬灭前



β -胡萝卜素颜色消失后

图 9-5 利用 β -胡萝卜素检测抗氧化剂

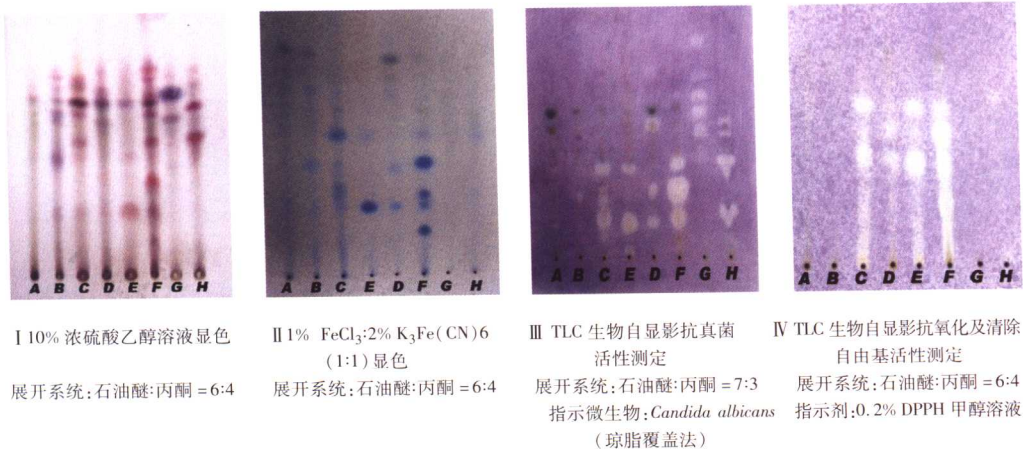


图 9-6 8 种苔类植物乙醚提取物化学模式及生物 TLC 检测结果
A:毛地钱;B:地钱;C:*Asterella angusta* (Steph.) Pande et al.;D:粗裂地钱(四川);
E:蛇苔;F:石地钱;G:多苞裂萼苔;H:粗裂地钱(湖南)



图 9-7 *Reboulia hemisphaerica*.
(采自四川乐山)

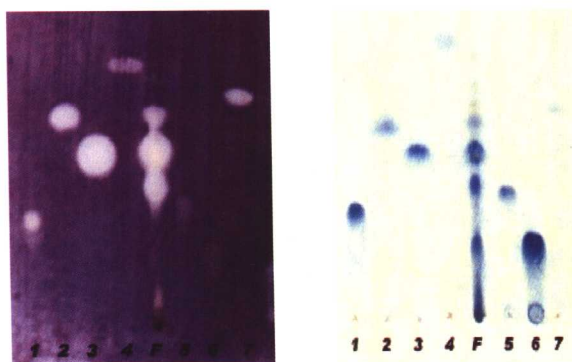


图 9-8 7 种双联苯化合物(化合物 7 结构未定)的 TLC 生物自显影(左图)与 1% FeCl_3 :2% $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (1:1) 显色(右图)对照

目 录

第一章 苔藓植物概述	1
第一节 苔藓植物的生活史	1
第二节 苔藓植物的分类	4
一、藓纲	4
二、苔纲	5
三、角苔纲	6
第三节 苔藓植物的分布和生物多样性	6
一、苔藓植物的分布	6
二、苔藓植物生物多样性	7
第四节 苔藓植物对环境变化的响应及其适应性	10
一、苔藓植物对光与温度的响应	10
二、苔藓对水分因子响应特点	10
三、苔藓吸收营养物质的特点	12
第五节 苔藓植物对大气污染的指示作用	12
第六节 常见药用苔藓植物	14
第二章 苔类植物的化学成分	19
第一节 概述	19
第二节 苔类植物中的化学成分	22
一、脂类	22
二、单萜	23
三、倍半萜	25
四、二萜	49
五、三萜和甾醇	60
六、芳香族类化合物	61
七、含有杂原子的化合物	79
第三节 联苕和二萜的结构鉴定实例	79
一、双联苕类化合物的波谱学特征	79

二、二萜的波谱学特征	89
第四节 结语	98
第三章 藓类植物的化学成分	108
第一节 概述	108
第二节 化学成分研究	109
一、挥发油	109
二、类脂	110
三、生物素	110
四、甾体	110
五、倍半萜和二萜	111
六、三萜	112
七、黄酮	113
八、香豆素	117
九、苷类	118
十、其他	119
第三节 结语	120
第四章 地钱属植物研究进展	123
第一节 概述	123
一、地钱属植物的分类及形态特征	123
二、地钱属植物的药用价值	123
第二节 地钱化学成分研究	124
一、萜类化合物	124
二、芳香化合物	131
三、其他化合物	137
四、结语	137
第五章 苔藓植物中萜及联苕类化合物的化学全合成	140
第一节 苔藓植物中剪叶苔烷型和花侧柏烷型倍半萜类化合物的全合成	141
一、以苯的衍生物为基础的全合成	142
二、以苯及环戊烷衍生物为基础的全合成	149
三、以五元环为基础的全合成	151
四、剪叶苔烷型倍半萜二聚体的全合成	151
第二节 绿叶苔烷型和唇鳞苔烷型倍半萜的全合成	153
一、绿叶苔烷型倍半萜的全合成	153
二、阔叶唇鳞苔烷型倍半萜的全合成	158
第三节 多环倍半萜的合成	159

一、环花侧柏烷型倍半萜的全合成	159
二、内酯类多环倍半萜的全合成	161
三、其他多环倍半萜的全合成	163
第四节 其他类型倍半萜的合成	168
第五节 苔藓植物中二萜的全合成	173
第六节 苔藓植物中联苳类化合物的合成	175
一、单联苳的全合成	175
二、双联苳的全合成	177
第六章 苔藓植物的化学分类	185
第一节 植物的化学分类	185
一、植物化学分类学	185
二、植物分类学与化学成分的关系	186
三、应用于植物分类中的化合物	186
四、特征性化学组分	186
五、化学成分的原始与进步	187
第二节 苔藓植物的化学分类	187
一、苔藓植物的形态分类	187
二、苔藓植物的化学分类	188
第三节 苔藓植物的起源与进化	204
第四节 前景展望	207
第七章 苔藓植物中的活性成分	212
第一节 苔藓植物中的细胞毒活性成分	212
一、萜类	212
二、芳香族化合物	215
第二节 苔藓植物中抗微生物活性成分	218
第三节 苔藓植物中具有昆虫拒食活性的成分	224
第四节 苔藓植物中具有杀寄生虫和杀软体动物活性的成分	225
第五节 苔藓植物中抗氧化活性成分	225
第六节 苔藓植物中植物生长调节活性成分	226
第七节 苔藓植物中具有酶抑制活性的成分	227
第八节 其他活性成分	228
第九节 苔藓类植物的抗真菌作用机制	230
第八章 植物组织培养在苔藓植物化学研究中的应用	234
第一节 植物组织和细胞培养的基本原理和应用	234
一、植物组织培养的基本原理	234

二、植物组织培养的材料	234
三、植物组织培养生产药用次级代谢物	237
第二节 苔藓植物的组织培养	243
一、概述	243
二、苔藓植物组织培养的外植体	243
三、培养基的成分	243
四、影响因素	243
第三节 苔藓植物组织培养的应用	244
一、外源底物的生物转化	245
二、次级代谢产物生物合成途径的探索	246
三、生产次级代谢产物	252
四、转基因苔藓的生物制药	256
第四节 前景展望	257
 第九章 TLC 生物自显影法在天然产物活性筛选中的应用	261
第一节 TLC 生物自显影对抗菌/真菌化合物的筛选	261
一、TLC 生物自显影	261
二、HPTLC 及 2D-TLC 生物自显影法	263
三、TLC 生物自显影的应用	263
四、TLC 生物自显影的定量应用	264
五、TLC 生物自显影技术的优势和不足	264
第二节 TLC 生物自显影对胆碱酯酶抑制剂的筛选	270
第三节 TLC 自显影对自由基清除剂及抗氧化剂的筛选	271
第四节 TLC 生物自显影法在苔藓植物活性成分分析中的应用	274
 第十章 苔藓植物成分分述	280
1. <i>Anastrophyllum donnianum</i> (Hook.) Steph. 挺叶苔	280
2. <i>Brabilophozia barbata</i> (Schmid.) Loesk. 细裂瓣苔	281
3. <i>Barbilophozia lycopodioides</i> (Wallr.) Loesk. 阔叶细裂瓣苔	282
4. <i>Bazzania trilobata</i> (L.) Gray 鞭苔	282
5. <i>Blasia pusilla</i> L. 壶苞苔	287
6. <i>Blepharostoma trichophyllum</i> (L.) Dum. 睫毛苔	289
7. <i>Cheilolejeunea imbricata</i> (Nees) Hatt. 瓦叶唇鳞苔	289
8. <i>Cheilolejeunea trifaria</i> (Reinw. et al) Mizut. 阔叶唇鳞苔	290
9. <i>Chiloscyphus polyanthos</i> (L.) Cord. 裂叶苔	291
10. <i>Chiloscyphus polyanthus</i> (L.) Cord. 多苞裂萼苔	292
11. <i>Conocephalum conicum</i> (L.) Dum. 蛇苔	293
12. <i>Conocephalum japonicum</i> (Thumb.) Grolle 小蛇苔	295

13. <i>Dumortiera hirsute</i> 毛地钱	296
14. <i>Entodon okamurae</i> Broth 东亚绢藓	299
15. <i>Frullania muscicola</i> Steph. 盔瓣耳叶苔	299
16. <i>Frullania tamarisci</i> (L.) Dum. 欧耳叶苔	300
17. <i>Herbertus aduncus</i> (Dicks.) Gray 剪叶苔	301
18. <i>Herbertus sakuraii</i> (Warnst.) Mill. 樱井剪叶苔	302
19. <i>Heteroscyphus coalitus</i> (Hook.) Schiffn. 双齿异萼苔	304
20. <i>Heteroscyphus planus</i> (Mitt.) Schiffn. 平叶异萼苔	304
21. <i>Homalia trichomanoides</i> (Hedw.) 扁枝藓	306
22. <i>Jackiella javanica</i> Schiffn. 爪哇甲壳苔	308
23. <i>Jamesoniella autumnalis</i> 圆叶苔	309
24. <i>Jungermannia appressifolia</i> Mitt. 抱茎叶苔	311
25. <i>Jungermannia exsertifolia</i> Steph. subsp. <i>cordifolia</i> (Dum.) Vana. 长萼叶苔心叶亚种	311
26. <i>Jungermannia comata</i> Nees 偏叶叶苔	313
27. <i>Jungermannia infusca</i> (Mitt.) Steph. 褐绿叶苔	314
28. <i>Jungermannia rotundata</i> 溪石叶苔	317
29. <i>Jungermannia truncata</i> Nees 截叶叶苔	318
30. <i>Lepidozia fauriana</i> Steph. 东亚指叶苔	319
31. <i>Lepidozia reptans</i> (L.) Dum. 指叶苔	320
32. <i>Lepidozia vitrea</i> Steph. 硬指叶苔	321
33. <i>Leptolejeunea elliptica</i> (Lehm. et Lindenb.) Schiffn. 尖叶薄鳞苔	322
34. <i>Lophocolea bidentata</i> (L.) Dum. 双齿裂萼苔	323
35. <i>Makinoa crispata</i> (Steph.) Miyake 南溪苔	324
36. <i>Marchantia paleacea</i> Bertol. var. <i>diptera</i> (Nees et Mont.) Inoue 粗裂地钱风兜亚种	324
37. <i>Marchantia polymorpha</i> L. 地钱	325
38. <i>Marsupella alpina</i> (Gott. et Limpr.) Bernet. 高山钱袋苔	327
39. <i>Mylia taylorii</i> (Hppk.) Gray 小萼苔	327
40. <i>Odontoschisma denudatum</i> (Nees) Dum. 合叶裂齿苔	328
41. <i>Pellia endiviifolia</i> (Dicks.) Dum. 花叶溪苔	329
42. <i>Porlla perrottetiana</i> (Mont.) Trev. 毛边光萼苔	330
43. <i>Pallavicinia ambigua</i> (Mitt.) Steph. 多形带叶苔	330
44. <i>Pellia epiphylla</i> (L.) Cord. 溪苔	331
45. <i>Plagiochasma rupestre</i> (Forst.) Steph. 紫背苔	332
46. <i>Plagiochasma intermedium</i> L. 无纹紫背苔	333
47. <i>Plagiochila elegans</i> Mitt. 大叶羽苔	334
48. <i>Porella acutifolia</i> subsp. <i>tosana</i> 尖瓣光萼苔东亚亚种	335



49. <i>Plagiochila ovalifolia</i> Mitt. 卵叶羽苔	336
50. <i>Porella platyphylla</i> (L.) Lindb. 光萼苔	337
51. <i>Preissia quadrata</i> (Scop.) Nees 背托苔	338
52. <i>Ptilidium ciliare</i> (L.) Hamp. 毛叶苔	339
53. <i>Reboulia hemisphaerica</i> (L.) Raddi 石地钱	340
54. <i>Riccardia multifida</i> (L.) Gray 羽枝片叶苔	343
55. <i>Scapania nemorea</i> (L.) Grolle 林地合叶苔	343
56. <i>Tritomaria quinquedentata</i> (Huds.) Buch. 密叶三瓣苔	345
57. <i>Trocholejeunea sandvicensis</i> (Gott.) Mizut. 南亚瓦鳞苔	346
索 引	348

第一章 苔藓植物概述

第一节 苔藓植物的生活史

苔藓植物是一群小型的多细胞高等植物,一般从数毫米至数厘米,是一种可以产生配子的植物体。我们所见到的绿色自养的植物体称为配子体(图 1-1:a,h;图 1-2:a,e;图 1-3:a,b,i)。在苔藓植物中,配子即精子和卵子,精卵结合形成二倍体的受精卵,由受精卵进一步发育成胚,因此苔藓植物属于有胚植物,即高等植物。胚进一步发育形成孢子体(图 1-1:a,h;图 1-2:d),并寄生在配子体上,不能独立生存。孢子体细胞通过减数分裂可产生单倍体的孢子(图 1-3:k),孢子是可以直接发育形成一个植物体的繁殖体。苔藓植物的孢子通常是单细胞的,其进一步萌发形成绿色丝状的原丝体,再在原丝体上产生新的植物体,即单倍体的配子体。

苔藓植物的一生要经历两个主要阶段,即有性世代和无性世代,前者包括配子体上产生精子和卵子,精卵结合形成受精卵;后者包括受精卵进一步发育形成孢子体,孢子体上再产生孢子,由孢子发育成原丝体,在原丝体上进一步发育产生能独立生存的植物体(即配子体),可见苔藓植物具有显著的世代交替现象。其配子体占优势,能独立生存,而孢子体退化,营寄生生活,这与其他高等植物显著不同。蕨类植物和种子植物均是孢子体占优势,而配子体退化。

苔藓植物的植物体大多具有茎和叶的分化,习称为茎叶体(图 1-1:a,h;图 1-2:a;图 1-3:i),但其结构显著不同于蕨类和种子植物的茎叶,其体内无真正的维管组织。其叶片大多由一至数层细胞组成(图 1-1:f),无叶脉,仅具中肋(图 1-1:d),由狭长而壁厚的细胞构成,位于中央,类似于叶脉,有的叶片甚至无中肋(图 1-3:i)。其茎内只有皮部和中轴的分化,无维管束结构。部分苔藓植物为叶状体(图 1-2:e,f;图 1-3:a,b),呈一种没有茎叶分化的片状植物体。茎叶体和叶状体均无真正的根,仅具单细胞或单列细胞的假根(图 1-1:g;图 1-3:c,d),除具有一定的吸收功能外,更重要的是起固着作用。

苔藓植物的生殖器官由多细胞构成,细胞间的功能出现了分化。产生精子的结构称精子器,其外细胞不育,形成一个保护层,精子器内部产生精子,精子具两条鞭毛。产生卵子的结构称为颈卵器(图 1-2:h),其外形呈长颈瓶状,上部狭长称颈部,中间有 1 条沟称颈沟,下部膨大称腹部,腹部中间有 1 个大形的细胞称卵细胞。受精作用必须借助于水,精子在水中游到颈卵器内与卵结合,因此苔藓植物大多生长在阴湿的环境中。