

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。

苔藓植物的孢子体大多由孢蒴、蒴柄和基足组成，不能独立生活，寄生在配子体上（图 1-1:a,h）。孢蒴是孢子体最主要的部分。孢蒴内的孢原组织细胞经多次分裂再经减数分裂形成孢子，孢子散出后，在适宜的环境中萌发并发育形成新的配子体。孢蒴常具蒴帽（图 1-1:a）顶端具蒴盖（图 1-1:i）。

苔藓植物体内无维管组织，茎叶的结构简单，无真正的根，精子具鞭毛，受精过程离不开水等特征都表明它是由水生到陆生的过渡型植物。其植物体矮小，生存竞争中处于明显劣势，在陆地上难以发展成优势植物类群。不过，由于长期的演化，苔藓植物已经适应了其生存环境，从寒冷的南北两极和高山冰川到热带雨林，从干旱的岩石表面到湿润的地表、树干或叶片都可以找到苔藓植物的踪影，几乎分布在世界的各个角落^[1,2]。

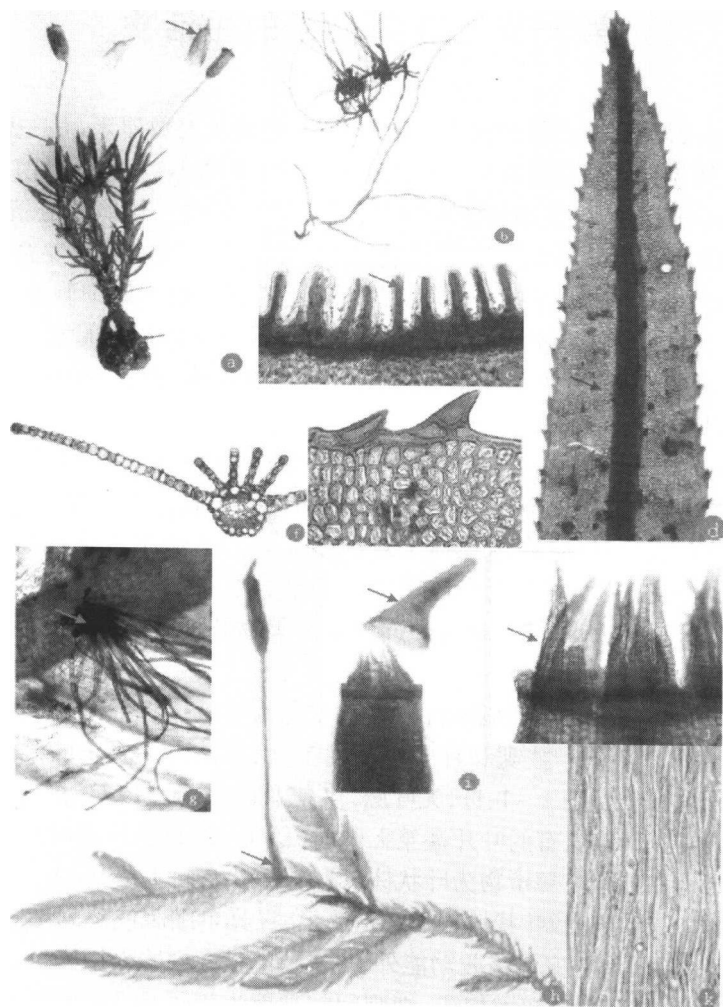


图 1-1 a~c 东亚小金发藓 [*Pogonatum inflexum* (Lindb.) Jac.] ; d~f 仙鹤藓 [*Entodon compressus* (Hedw.) P. Beauv.] ; g~k 密叶绢藓小孢变种 [*Entodon compressus* Muell. var. *nanianus* V. S. Wong] ; l 植物体示顶生孢子体及蒴帽；b 原丝体；c, i 蒴齿；d 叶片中上部示中肋；e 叶缘放大示多边形的细胞；f 叶片横切片，示单层细胞和中肋上的柃片；g 茎腹面观，示簇生的假根；h 植物体示侧生孢子体；i 孢蒴一部分，示脱落的蒴盖；k 叶中部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

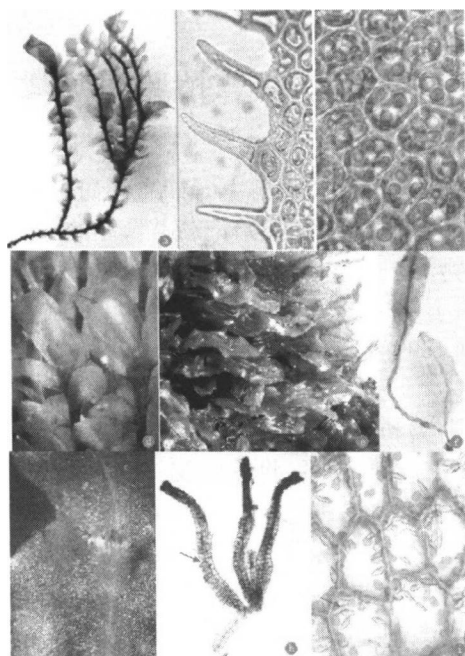


图 1-2 a~d 刺齿合叶苔 [*Scapania ciliata* S. Lac.]; e~i 多形带叶苔 [*Pallavicinia ambigua* (Mitt.) Steph.] (a, f 植物体; b 叶缘放大; c 叶中部细胞, 示球形的油体; d 植株放大, 示蒴萼及其中的孢蒴; e 群落; g 植株局部放大, 示中肋上的雌苞; h: 颈卵器; i 叶细胞放大, 示纺锤形的油体)

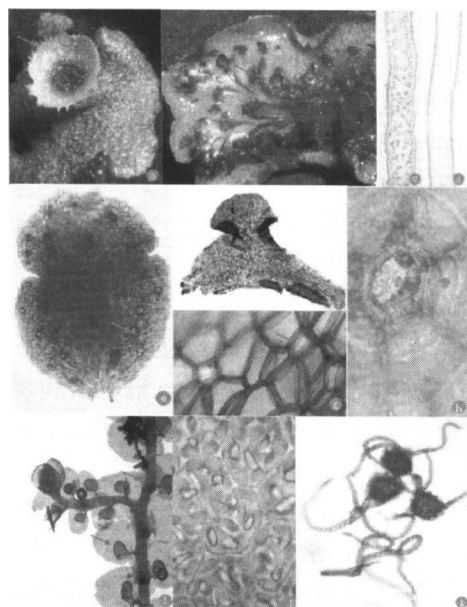


图 1-3 a~g 地钱 [*Marchantia polymorpha* L.]; h~i 石地钱 [*Reboulia hemisphaerica* L.]; j~k 钟瓣耳叶苔 [*Frullania parvistipula* Steph.] (a 叶状体背面观, 示芽杯; b: 叶状体腹面观, 示多列腹鳞片; c 内壁粗糙的假根; d 内壁光滑的假根; e 芽胞放大, 示油胞; f 腹鳞片; g 腹鳞片放大, 示油胞; h 叶状体表面, 示单一型气孔; i 植株腹面观, 示两裂的腹叶和钟形的侧叶腹瓣; j 叶中部细胞, 示长形油体; k 弹丝和孢子)

第二节 苔藓植物的分类

人类对苔藓植物的认识经历了漫长的历史时期。起初对苔藓植物的认识是表面的，有时与其他植物相混淆。18 世纪欧洲学者开始记载苔藓植物，1753 年林奈在其《植物种志》中将苔藓植物列入隐花植物类。1782 年德国植物学家 J. Hedwig 在《藓类植物的自然系统基础》中首次使用了 Musci 这个词来命名藓纲。1789 年法国植物学家 A. L. de Jussieu 用 Hepaticae 来命名苔纲，直到 1899 年美国植物学家 M. A. Howe 才把角苔类从苔纲中分出，命名为角苔纲 Anthocerotae。

人们在 18 世纪以前对苔类和藓类的认识是相互孤立的。直到 1821 年英国植物学家 S. F. Gray 才认识到三纲之间的系统关系，将它们统一到苔藓植物门 (Bryophyta) 下，其后苔藓植物作为一个门已被绝大多数学者所认同。然而也有不同意见，有的学者将苔类和角苔类上升到门的地位。此外，有些植物如藻苔属 (Takakia) 植物，由于对其认识的不断深入，原根据其配子体形态，认为其为原始的苔类植物，以后发现其孢子体，又认为其更像藓类而将其归入藓纲，目前又有学者将其独立，设立藻苔纲甚至藻苔门。可见人们对苔藓植物的认识是发展的，目前被大家普遍接受的分类体系是在苔藓植物门下设 3 个纲，即藓纲 (Musci)、苔纲 (Hepaticae) 和角苔纲 (Anthocerotae)。藓纲包括近 700 属，约 15 000 种藓类植物；苔纲包含至少 300 属，约 8 000 种苔类植物；角苔纲有 4 属，近 100 种角苔类植物^[3]。

苔藓植物门分纲检索表

1. 原丝体发育较好，通常每一孢子萌发的原丝体产生多数植物体（即配子体），茎中多具分化的中轴，叶常具 1~2 条中肋，稀完全退失，假根由单列细胞构成，常有分枝，蒴柄延伸常在孢蒴成熟之前，颈卵器壁在孢子体发育时随孢子体延长，成熟后上部断裂而发育成蒴帽；成熟孢蒴多盖裂，多数具蒴齿构造——藓纲 Musci
1. 原丝体不甚发育，通常每一孢子萌发的原丝体仅产生一个植物体；茎通常由同形细胞构成，多数没有分化的中轴，叶没有中肋，假根为单细胞构成，蒴柄延伸在孢蒴成熟之后，颈卵器壁不形成分离的蒴帽，孢蒴成熟后多数纵长裂开，多有弹丝构造。
 2. 植物体叶状或有明显的茎叶分化，呈叶状的构造多数较复杂，少数较简单，常有气室或气孔，每一细胞中有多数绿色体，常有油胞或油体；精子器和颈卵器起源于叶状体的外部组织，位于生长点的后方，颈卵器有外壁，孢蒴有短柄或长柄，无蒴轴，孢蒴成熟后多四裂或不规则裂开——苔纲 Hepaticae
 2. 植物体叶状，构造较简单，无气室或仅有少数黏液腔，每一细胞有一或少数叶色体，无油胞及油体，精子器和颈卵器均起源于叶状体内部组织，位于叶状体上部，颈卵器无外壁。孢蒴长角状或粗烛状，无柄，常有蒴轴。孢蒴成熟后纵长两瓣裂开——角苔纲 Anthocerotae

一、藓纲

对藓纲 (Musci) 的认识，不同的时代和不同的学者也有不同的观点，目前我国学者广泛

采用的分类体系是将藓类分为三个亚纲，即：泥炭藓亚纲 (Sphagnidae)、黑藓亚纲 (Andreaeidae) 和真藓亚纲 (Bryidae)。

(一) 泥炭藓亚纲

植物体外观黄白色或灰绿色，有时略带紫红色，侧支成束丛生，叶具细胞壁螺旋状加厚的无色大形细胞和无加厚的绿色小形细胞。具白色柔弱的假蒴柄，由颈卵器基部发育而成，来源于配子体。孢蒴球形 盖裂 无蒴齿。原丝体片状 单层细胞。

本亚纲仅一目一科一属，即泥炭藓属 (*Sphagnum*)。

(二) 黑藓亚纲

植物体外观紫黑色或赤紫色；茎细胞为同形的厚壁细胞组成，无中轴分化，孢蒴无蒴柄，由颈卵器基部组织延生而成的假蒴柄托起，无蒴齿和蒴盖，具蒴帽结构，成熟后 4~6(8) 纵瓣裂。原丝体片状。

本亚纲仅一目一科，即黑藓科 (Andreaeaceae) 本科有 3 属，我国仅有黑藓属 (*Andreaea*) 植物分布。

(三) 真藓亚纲

植物体多绿色，稀灰白色或紫黑色，茎多具中轴。蒴柄由孢子体组织发育而成，绿色挺硬。孢蒴常具蒴盖和蒴齿分化，多盖裂。蒴齿由细胞壁加厚分化并分离而成，或由具细胞壁加厚的细胞所组成。原丝体多成分支的丝状。

本亚纲分 12 目 包括了藓类植物的绝大多数植物。

二、苔纲

随着现代研究的深入，苔纲 (Hepaticae) 植物的分类体系也在不断地调整过程中。1983 年 R. Grolle 将苔纲分为 5 个目，即角苔目 (Anthocerotales)、藻苔目 (Takakiales)、美苔目 (Calobryales)、叶苔目 (Jungermanniales)、叉苔目 (Metzgeriales)、地钱目 (Marchantiales)。目前我们常见的文献资料中，通常将角苔目单列为角苔纲 (Anthocerotae) 而将其他 4 个目归入苔纲。《中国高等植物科属检索表》将苔纲分为两个目，即叶苔目 (Jungermanniales) 和地钱目 (Marchantiales) 又把叶苔目分为 3 个亚目，即：美苔亚目 (Calobrynales)、顶蒴叶苔亚目 (Acrogynineae) 和腋蒴叶苔亚目 (Anacrogynineae) 分别相当于 Grolle 系统的美苔目、叶苔目和叉苔目。

(一) 叶苔目 (Jungermanniales)

叶苔目植物通常具有茎叶分化，或为叶状，但没有气室和气孔结构，细胞具油胞及油体，每个细胞中常具多数油体，多数无鳞片，假根细胞内壁平滑。孢蒴多数有延伸的蒴柄，孢蒴壁具多层细胞，成熟后四瓣裂。该目植物又分 3 个亚目。

1. 美苔亚目 (Calobrynales) 其植物体有明显的茎叶分化，直立，有横茎，无假根，叶 3 列 近于等形 颈卵器顶生 裸露 无苞叶 直接或间接由顶端分生组织产生。

包括裸蒴苔科 (美苔科 Haplomitriaceae)。根据配子体形态，藻苔科 (Takakiaceae) 也可列入该亚目。

2. 顶蒴叶苔亚目 (Acrogynineae) 其植物体具明显的茎叶分化，通常平铺，稀直立，叶 2 列或 3 列，腹叶常较小，颈卵器常有苞叶或蒴萼保护。该亚目包含的类型众多，通常根据叶

片之间的位置关系和蒴柄是否显著伸长等，将其分为叶苔群（*Jungermanniineales*）和毛耳苔群（*Jubullineales*）。

该亚目包括的常见科有：复叉苔科（*Lepicoleaceae*）、剪叶苔科（*Herbertaceae*）、拟复叉苔科（*Pseudolepicoleaceae*）、绒苔科（*Trichocoleaceae*）、指叶苔科（*Lepidoziaceae*）、护蒴苔科（*Calypogeiaceae*）、隐蒴苔科（*Adelanthaceae*）、大萼苔科（*Cephaloziaceae*）、拟大萼苔科（*Cephaloziellaceae*）、甲壳苔科（*Jackiellaceae*）、兔耳苔科（*Antheliaceae*）、叶苔科（*Jungermanniaceae*）、裂叶苔科（*Lophoziaceae*）、全萼苔科（*Gymnomitriaceae*）、合叶苔科（*Scapaniaceae*）、齿萼苔科（*Geocalycaceae*）、羽苔科（*Plagiochilaceae*）、阿氏苔科（*Arnelliaceae*）、顶苞苔科（*Acrobolbaceae*）、歧舌苔科（*Schistochilaceae*）、直蒴苔科（*Balantiopsaceae*）、紫叶苔科（*Pleuroziaceae*）、扁萼苔科（*Radulaceae*）、毛叶苔科（*Ptilidiaceae*）、多囊苔科（*Lepidolaenaceae*）、光萼苔科（*Porellaceae*）、耳叶苔科（*Frullaniaceae*）、毛耳苔科（*Jubulaceae*）、细鳞苔科（*Lejeuneaceae*）等 29 科。

3. 腋蒴叶苔亚目（*Anacrogynineae*）植物体叶状，少数边缘有叶状分瓣；颈卵器生于背面，与顶端分生组织无关。

包括片叶苔科（*Aneuraceae*）、溪苔科（*Pelliaceae*）、南溪苔科（*Makinoaceae*）、叉苔科（*Metzgeriaceae*）、带叶苔科（*Pallaviciniaceae*）、壶苞苔科（*Blasiaceae*）、小叶苔科（*Fossombronaceae*）等 7 科。

（二）地钱目（*Marchantiales*）

植物体多为叶状，有明显的背腹面，组织构造常有较多的分化，常有气室和气孔，多数具两种假根，即内壁平滑和粗糙两种。常有分散的油胞，细胞中常仅有少数油体，叶状体腹面常有鳞片，孢蒴柄不显著，蒴壁由单层细胞组成，成熟后不规则裂开或部分盖裂或瓣裂。

该目有 10 科，我国均有分布。包括：花地钱科（*Corsiniaceae*）、皮叶苔科（*Targioniaceae*）、半月苔科（*Lunulariaceae*）、魏氏苔科（*Wiesnerellaceae*）、蛇苔科（*Conocephalaceae*）、瘤冠苔科（*Aytoniaceae*）、星孔苔科（*Cleveaceae*）、地钱科（*Marchantiaceae*）、单半月苔科（*Monosoleniaceae*）和钱苔科（*Ricciaceae*）。有的将皮叶苔科的光苔属（*Cyathodium*）独立为光苔科（*Cyathodiaceae*）。

地钱目与叶苔目之间存在显著的区别，通常认为地钱目植物比较进化，而在苔类分类系统中被排在后面。

三、角苔纲

角苔类植物由于具有独特的形态特征，与其他苔类植物差异显著。目前角苔纲（*Anthocerotae*）植物有 2 个科，即角苔科（*Anthocerotaceae*）和短角苔科（*Notothyladaceae*）。有的学者将角苔科的树角苔属（*Dendroceros*）和大角苔属（*Megaceros*）分出成立树角苔科（*Dendrocerotaceae*）。

我国角苔纲植物比较丰富，2 个科以及大部分属均有分布。

第三节 苔藓植物的分布和生物多样性

一、苔藓植物的分布

苔藓植物分布广，几乎遍及世界的各个角落。它们既可以生存在与维管束植物相同的

生境，也可以生存在维管束植物无法生存的生境。热带雨林、亚热带常绿阔叶林、温带落叶林、高山和亚高山针叶林、草原、沼泽、荒漠等恶劣环境以及种子植物的叶片向阳面、岩石表面，甚至常年处于冰冻状态积雪覆盖的南极洲都有苔藓植物的踪迹。

苔藓植物的分布具有一定的规律性，它以属为单位的分类群在空间上呈有限分布，包括苔藓植物的属的集中分布，以及多个属集中分布于一个局部地理区域，或个别山区的特殊现象。

在中国，苔藓植物分布广泛。据初步统计，我国已记载的苔藓植物有 125 科 670 属 约 3 450 种 各省均有分布 主要有 4 个分布中心^[4,5] 分布中心 I 以云南为中心，延伸至西藏、四川。该地区苔藓植物最为丰富，在中国的 8 个特有属：丝灰藓属 (*Giraldiella*)、拟短月藓属 (*Brachymeniopsis*)、滇蕨藓属 (*Pseudopterobryum*)、疣齿藓属 (*Scabridens*)、厚边藓属 (*Sciaromopsis*)、薄羽藓属 (*Leptocladium*)、新木灵藓属 (*Orthomitrium*) 和华湿藓属 (*Sinocalliergon*) 其中的 5 个 (丝灰藓属、拟短月藓属、滇蕨藓属、疣齿藓属、厚边藓属) 分布在该地区^[6] 分布中心 II 以四川、贵州为中心 为苔藓植物的喜马拉雅成分和中国 - 日本成分的交汇处 有刺边合叶苔 (*Scapania ciliafa*)、芽胞扁萼苔 (*Radulaceae consticafa*)、长角剪叶苔 (*Herberfus diclanus*)、小睫毛苔 (*Blepharosfma minus*)、日本鞭苔 (*Banenia japonica*)、斯氏合叶苔 (*Scapania stephannii*)、日本羽苔 (*Plagiochila sciophila*)、密叶光萼苔 (*Pooella densifolia*)、囊绒苔 (*Trichocolepsis sacculata*)、多瓣苔 (*Macvicaria ulophylla*)、加萨泥炭藓 (*Sphagnum khasianum*)、黄砂藓 (*Racomitrium anomodontoide*)、日本凤尾藓 (*Fissidens japonicus*)、单齿藓 (*Dozya japonic*)、瓦叶藓 (*Miyabea fruticella*)、毛叶梳藓 (*Ctenidium capillifolium*)、拟合睫藓 (*Pseudosymboeopharis papillosrla*) 等^[7] 分布中心 III 以安徽的黄山和浙江的天目山为中心，并延伸至台湾，主要集中分布苔藓植物的东亚特有属；分布中心 IV 为长白山地区 此地区共有苔藓植物 65 科 179 属 437 种 32 个变种和亚种，该地区石生和岩面薄土生种类最丰富，其次为腐木生种类和树生种类，再次为土生种类 沼泽地、水体等生境中的种类相对较少^[8]。

二、苔藓植物生物多样性

苔藓是具有较多种类的一类绿色植物群，是生物多样性的重要组成成分。苔藓植物作为颈卵器植物、有胚植物和孢子植物，代表着一类从水生向陆生生活过渡的植物类型。由于其输导组织不发达 限制了植物体的高度 不利于争夺阳光 并且不具备真正的根系 不利于从基质中吸取营养，竞争能力比较低，配子体显示的世代交替方式、受精过程依赖水等特征，限制了苔藓植物向陆生生活的进一步发展，成为植物界系统演化中的一个盲支。

尽管如此，由于具有可变水性、体表直接吸收水分和营养以及独特的繁殖、传播方式等特性，苔藓植物几乎存在于所有的生态系统中。除极地冻原、温带苔藓沼泽等以苔藓植物为优势的植被类型外，苔藓还通常在维管束植物群落中形成自己的群落。苔藓植物与其他生物类群的生活和生存有密切联系，尤其是苔藓群落所营造的生境，促进和保护了生物多样性。苔藓植物在复杂多样的生态系统，特别是在陆生生态系统中起着不可忽略的作用。苔藓植物的种类和群落生长往往与小生境有紧密的联系，在同一生态系统的不同微生境中苔藓植物呈现出明显的多样性。

极地是一种对植物生长极为不利的生态环境，以寒冷的气候，短暂的生长季等为特征，

生存条件极为恶劣。冻原是在这种生态条件下发育的植被代表，它以灌木、草本以及苔藓植物和地衣为主要组成部分。在南极洲，共有 200 多种苔藓植物 其中藓类 160 多种 苔类 50 多种，主要分布于南极洲的岛屿上，南极大陆分布很少。主要的苔藓群落有矮藓丛及藓垫群系、高藓丛群系、苔藓毯和苔藓簇群系以及藓丘亚群系^[9]。大叶湿原藓 (*Calliergon giganteum*)、扭叶镰刀藓 (*Drepanocladus revolvens*)、细牛毛藓 (*Ditrichum flexicaule*)、极地北灯藓 (*Cinclidium stygium*)、高山金发藓 (*Polytrichum alpinum*) 和长毛砂藓 (*Racomitrium lanuginosum*) 等分布广泛，为极地常见苔藓种类。此外，在南极和北极地区的持久淹没的湖泊中发现生长着水底苔藓群落，一些湖底的藓类的覆盖率可达 40% 它们的茂盛和陆地植物的稀疏形成鲜明对比，藓类植物的茎叶可长达 40cm^[10]。水底群落的苔藓主要有细湿藓属 (*Campylium*)、小曲尾藓属 (*Dicranella*)、对叶藓属 (*Distichium*)、水藓属 (*Fontinalis*) 以及钱袋苔属 (*Marsapella*) 等，它们的碎片被风吹入水中，沉入水底稳定下来，在湖底生长形成群落。极地的苔藓植物常常用胞芽、植物体的碎片等断片进行无性繁殖，大量生长在南极以及挪威冰川地区的苔藓根本就不产生孢子。

水生群落指生于水中、水湿地、山涧溪流、水塘等环境条件下的苔藓植物。很多苔藓植物可以生活在各种不同的淡水环境中，美国加州和内华达州交界处的塔霍湖，在深达 150m 的湖底仍可以发现苔藓植物^[11]。在俄勒冈的 Crater 湖水深 20 ~ 60m 的近岸带大量生长着水藓 (*Fontinalis antipyretica*) 和浮水镰刀藓^[12]。中国南部诸省的静水池塘中普遍有薄网藓群落 (*Leptodictyum riparium*)。沼泽也是苔藓植物生长较优的特殊生境，其常年处于积水状态中，以厌氧基质和泥炭的积累为特征。只有有限数目的维管束植物可以生存，而苔藓植物由于其特殊的生理生殖特性，往往是这种环境中的生存者，并常常作为群落的优势种，是湿地生态系统中的一大类型。泥炭藓 (*Sphagnum palustre*)、沼泽皱蒴藓以及镰刀藓属 (*Drepanocladus*) 的许多种是常见的生活在温带和寒带沼泽中的苔藓植物。泽藓 (*Philonotis fontana*)、明叶藓 (*Vesicularia montagnei*) 和油藓科 (*Hookeriaceae*) 等则是热带沼泽中常见的苔藓植物。

林地中的树木，特别是生长在热带雨林中的树木，通常具有高大的树干、大型叶片以及支持根和板根，为苔藓植物提供了各种各样的生活环境。在同一株树木不同部位的树皮上、同一部位不同方向的树皮上，苔藓植物的种类也有差异。热带雨林由于其微气候和可利用基质的多样性为苔藓植物提供各种各样的生活环境，常见的有平藓科 (*Neckeraceae*)、蕨藓科 (*Pterobryaceae*)、蔓藓科 (*Meteoriaceae*) 以及羽藓属 (*Thuidium*)、耳叶苔属 (*Frullania*) 的不少种。在空气湿度很高的亚热带、热带山地中，树生苔藓极为丰富，能形成苔藓林。在越南的热带雨林内，观察到树基生长的苔藓种类达 100 余种，在树干和树枝上有各类苔藓植物生长，而在某一生境下生长在叶面上的附生苔藓可达 50 ~ 60 种。据实验证明，热带雨林中苔藓植物的总生物量可达 6 吨 / 公顷 在生态系统中起重要作用^[13]。在美国华盛顿州的温带森林中，一棵 *Acer macrophyllum* 上的附生植物中 74% 为苔藓植物^[14]。在我国秦岭以南的森林和林地中绢藓属 (*Entodon*) 和青藓属 (*Brachythecium*) 广泛分布 常和羽藓属 (*Thuidium*) 或提灯藓属 (*Mnium*) 等植物组成固定群落。在北方针叶林中，树干上的附生苔藓植物以金发藓属 (*Pylaisiella*)、木灵藓属 (*Orthotrichum*)、卷叶藓属 (*Ulotia*)、耳叶苔属 (*Frullania*) 为主 伴有少量的中华缩叶藓 (*Ptychomitrium sinense*) 及中华木衣藓 (*Drummondia sinensis*)。在长白

山森林生态系统树附生苔藓植物分布与环境关系研究中进行调查,共鉴定藓类植物 21 科 54 属 98 种 苔类植物 10 科 13 属 16 种^[6] 主要有偏叶金灰藓 (*Pylaisiella facalata*)、绒苔 (*Trichocolea tomenfella*)、反齿藓 (*Anacam ptonlatiden*)、细叶小羽藓 (*Haplocladium microphyllum*)、日本羽苔 (*Plagiochila sciophila*)、扁枝藓 (*Homalia trichomanoide*)、鞭枝疣灯藓 (*Trachycystis flagellaris*)、东亚绢藓 (*Entodon luridus*)、节齿绢藓 (*Entodon scabridens*)、拟垂枝藓 (*Rhytidadelphus triquetrus*)、扁灰藓 (*Breidleria pratensis*)、塔藓 (*Hhyolcomium splendens*)、腐木藓 (*Callicladium haldanianum*)、多蒴曲尾藓 (*Dicranum maju*)、曲尾藓 (*Dicranum scoparium*)、东亚曲尾藓 (*Dicranum japonicum*)、尖叶提灯藓 (*Mnium cuspidatum*)、刺叶提灯藓 (*Mnium spinosum*)、粗枝藓 (*Gollania varians*)、青藓 (*Brachythe ciumalbicans*)、乌苏里疣灯藓 (*Trachycysti ussuriensis*)、鼠尾藓 *Myuroclada maximowiczii* 和弯叶灰藓 (*Hypnum hamulosum*) 等。对山东的苔藓植物多样性的研究中,由于山东大部分地区气候比较干燥,因此树生种类最少,仅有 28 种 占山东苔藓总数的 7%。最常见的是钟帽藓 (*Venturilletum simensis*) 群落 东亚碎米藓 (*Fabronia matsumarae*) 群落和日本蓑藓 (*Macromitrietum japonicum*) 群落 它们的植物体一般固着于树皮上,难以剥离。而许多绢藓群落,如广叶绢藓 (*Entodon flavescens*) 密叶绢藓 (*Entodon compressus*) 绿叶绢藓 (*Entodon viridulus*) 以及牛舌藓 (*Enomodon minor*) 等群落则附着或附蔽于树干上^[15]。江西常绿阔叶林分布最广 面积最大 是地带性顶极植被 为江西的主要植被类型,林内树木繁茂,种类多,苔藓植物资源最丰富。在树干及树基生长的有大羽藓 (*Thuidium cymbifolium*)、暗绿多枝藓 (*Haplohymenium triste*)、羊角藓 (*Herpetineuron toccoeae*)、刀叶树平藓 (*Homaliodedron scalpellifolium*)、矮锦藓 (*Sematophyllum subhumil*)、气藓 (*Aerobryum speciosum*)、南亚白发藓 (*Leucobryum neilgherrens*) 和羽苔属 '*Plagiochila*' 的一些种等组成的树生群落。腐木上生长有小锦藓属 (*Brotherella*)、锦藓属 (*Sematophyllum*)、孔雀藓属 (*Hypopterygium*) 等的一些种组成的群落。苔类植物如绒苔属 (*Trichocolea*)、耳叶苔属 (*Frullania*)、瓦鳞苔属 (*Trochojeunea*) 等多生于腐木上。班叶纤鳞苔 (*Microlejeunea punctiformi*)、福建淡叶苔 (*Enosmolejeunea fukienensis*) 等附生于阔叶树叶的背面^[7]。

在岩石表面生长的苔藓植物被称为石生苔藓植物。有些石生苔藓植物专一性的生长在岩石表面,而另外一些则既可以生长在岩石表面也可以生长在其他的生境。常见的专一性的石生苔藓植物有紫萼藓属 (*Grimmia*)、纽藓属 (*Tortella*) 的一些种 而非专一性的石生苔藓植物则有灰藓 (*Hypnum*) 及曲尾藓属 (*Dicranum*) 的一些种。对长白山地区苔藓植物多样性的研究表明(表 1-1) 长白山地区的苔藓植物 以石砾、砂石、石面薄土生种类的丰富度最高 其中苔类 57 种 藓类 166 种 总数有 200 多种^[16]。

表 1-1 长白山地区的苔藓植物

生境类型	苔类	藓类	合计
湿生,水生,沼泽生	16	69	85
土生,地面腐殖质生	27	118	145
石生	57	166	233
树基、树干和树枝生	30	157	187
树桩、倒木生	43	158	201
长白山地区苔藓植物总数	103	366	469

对山东苔藓植物研究中发现石生苔藓植物占有很大的比例，由于岩石的水湿条件及受光情况不同，生长的苔藓植物种类和群落类型也不同。如毛尖紫萼藓群落 (*Grimmia pilifera*)，盔瓣耳叶苔群落 (*Frullania muscicola*) 等主要生长在干燥裸露的岩石上，属于干燥石生群落，而光萼苔群落 (*Porella*)、羽藓群落 (*Thuidium*) 以及平叉苔群落 (*Metzgeria conjugata*) 等为湿润石生群落，主要生于林下湿石及溪边岩石上。石生苔藓植物最初通过孢子或者营养体碎片的传播而占据岩石表面。随着苔藓植物在岩石上的定居、生长以及其面积的扩张，在岩石表面建立了一层有机质，使微生物可以侵入。当有机层达到足够的厚度且一定面积时，最初的开拓者石生苔藓植物就无法生存，因此苔藓植物被称为裸岩的开拓者。对江西苔藓植物研究中发现：紫萼藓群落 (*Grimmia*)、虎尾藓群落 (*Hedwigia*)、缩叶藓群落 (*Ptychomitrium*)、蔓藓群落 (*Meteorum*)、垂藓群落 (*Chrysocladum*)、丝带藓群落 (*Floribundaria*)、毛枝藓群落 (*Pilotrichopsis*) 等喜生长在干旱的石壁上，拟合睫藓群落 (*Pseudosymboeopharis papillosa*)、南亚假悬藓 (*Pseudobarbella levieri*)、疣灯藓 (*Trachycystis microphylla*) 等群落生长在潮湿滴水的石壁上，橙色丝带藓 (*Trachycladiella aurea*)、酸土藓 (*Oxystegus cylindricus*)、三叶网藓 (*Spruceanthus semirepandu*)、南亚立灯藓 (*Orthomnion bryoides*)、中华白齿藓 (*Leucodon sinensi*)、匙叶木藓 (*Thamnobryum sande*) 和鼠尾藓 (*Myuroclada maximowiczii*) 等在阴湿带薄土的岩石上常成纯群落分布。

第四节 苔藓植物对环境变化的响应及其适应性

一、苔藓植物对光与温度的响应

苔藓植物不同于维管束植物，它们形体矮小，对光照适应没有形态上明显分化，但在生理方面，特别是光化生理，却有特化。大部分苔藓植物，特别是耐旱种，要求较低的光照。这些植物能够在较低的光照条件下进行光合作用，表现出喜阴的光合特性^[17]。土生墙藓 (*Tortula ruralis*) 是一个生长广泛、被广泛研究的耐旱种，研究表明来自遮阴条件下的墙藓 (*T. ruralis*) 具有比来自光照条件下高的光合速度。进一步的研究表明，墙藓 (*T. ruralis*) 的光合作用与温度的关系表现出适应低温的特征。苔藓植物的光合喜阴性被认为与其变水的生理特征密切相关，是对环境的长期适应、演化的结果。

苔藓植物对温度变化表现出极强的适应能力。它们既能在根区温度超过 53℃ 的温泉中生长，也能在年均温度低于 0 的极地生长。苔藓植物在干燥状态下表现出比湿润状态更强的适应极端温度的能力，并且许多种类具有高度耐旱性，大多数苔藓植物可以承受自然条件下冰冻的速度，因此苔藓植物较维管束植物更容易度过寒冷的季节。

二、苔藓对水分因子响应特点

苔藓植物的水分主要来源于大气，根据其获取水分的方式，可以将苔藓植物分为 3 类：内导水型、外导水型和混合导水型。内导水型一般具有发达的内部导水组织，能将藓丛基部的水分向上输送，如金发藓属 (*Polytrichum*)。不少苔藓植物属于混合导水型，同时可以通过

植物体表面和内部来吸收和传导水分,如扭口藓属 (*Barbula*)。外导水型苔藓内部输导组织发育不好,但与水分相连的植物体表面可以直接吸收水分和营养物质,依靠毛细管传导系统将水吸入藓丛,然后吸入细胞之中。毛细管系统由许多途径形成,例如叶片间的空隙、叶茎之间的缝隙、假根之间的缝隙等等。有些植物也能在体内形成毛细管系统如泥炭藓(*S. palustre*)的非光合作用细胞。大量的水也能储存于毯状藓丛植物之间的空隙中^[18]。

多数苔藓属典型的变水植物^[19],由于缺乏输导和蒸发系统,没有真正的根等形态学特征使苔藓难以很好地控制其体内的水分含量,极易失去水分,因此许多苔藓植物适应于潮湿的环境。但也有许多苔藓植物能不同程度地忍耐失水和干旱,随着环境变干可将植物体内的含水量降得很低,一旦环境条件合适,又可以迅速地吸收水分,恢复正常的生理代谢活动^[1]。当苔藓植物体内含水量下降为其干重的20%或10%时,某些耐旱力较强的苔藓在此种条件下还能存活,将其再湿润时,代谢活动仍能恢复正常^[20]。干旱种类再湿润后荧光指数的充分恢复表明其光合系统在失水后仍正常运行,而湿地生或水生的苔藓植物则光合化学活动无法恢复,原因可能是光合抑制或膜系统受到损伤。干旱苔藓在失水过程中散热能力增强,能利用不稳定的水分供给,降低光损伤,从而使光合合成系统维持在可恢复状态。藓类植物体内蔗糖含量较高,而还原糖含量较低,也是能耐干旱的原因之一^[21]。而广泛分布于苔藓中的脱落酸也能促进苔藓适应干燥的生境,因为较适应干燥环境条件的苔藓体内脱落酸含量比水生种类高^[22]。

苔藓植物所具有的耐旱能力是由于它们的一些特殊的生理特征所致。一般认为苔藓植物在干旱的环境中具有两种生存对策以适应干旱:一是避免干旱;二是忍耐力旱。如耐旱种土生墙藓(*T. ruralis*)除具有小的液泡以外,对干旱所造成的膜系统的损害具有很强的修复能力,可将受损的膜系统逐步地全部修复,而非耐旱种的修复能力十分有限。因此,具有修复受损膜系统的能力被推测是耐旱苔藓植物的特征。苔藓植物的耐旱特征也与其细胞具有低的水势有关。耐旱的苔藓植物种类(即使耐旱性较差的种类)所能忍耐的低水势比相应的维管植物要低,而且通常与干旱环境的基质水势保持一致,因而一旦环境变湿润,植物与环境之间所建立的明显的水势梯度可以加速水分的运动。

苔藓植物经过长期对干燥环境的适应,不仅在生理上形成了许多耐旱特征,同时形成了一些特殊的形态结构以适应其面临的不断干旱的环境,减少水分的散失。这些特征有:

(1)植物体呈垫状丛生。这样的生长型可以提高毛细管系统的持水力,减小空气在叶片表面的运动,因而减少了水分的蒸发。如旱藓(*Indusiella thianschanica*)植物体矮小,茎直立,高不超过1cm^[23]在强光照射下大大减少了水分的散失。

(2)叶片干燥时强烈卷缩。如旱藓(*I. thianschanica*)和墙藓(*T. ruralis*)的叶片常内卷和背卷而减少水分蒸发^[24]。除此以外,有些种类在叶片卷缩时还能将其叶片紧紧地裹在茎上,这样不仅防止了叶片水分的蒸发,同时还保护茎不受强光损伤。

(3)叶片具毛状尖。这些毛状尖可以通过反射入射的光照而减少水分蒸发,同时防止过强的辐射对苔藓植物引起的伤害。实验表明,具毛状叶尖的紫萼藓(*Grimmia*)和墙藓(*T. ruralis*)比不具毛尖的同种植物垫丛少失去30%的水分^[25]。

(4)叶片细胞壁具疣状突起。如丛藓科(Pottiaceae)和大帽藓科(Encalyptaceae)的植物,叶片上的疣状突起可以反射太阳辐射,因此有助于维持植物体处于低温状态并减少蒸发。

同时它们也有利于水分传导，使水分尽快被细胞吸收。有些种类，如斜叶芦苔藓 (*Aloina obliquifoli*) 和绿色流苏藓 (*Crossidium chloronoto*) 的叶腹面还具有特殊的结构——绿色丝状体，其细胞质浓厚，而且能随环境的潮湿而伸展，同时在干旱的条件下担负光合作用的功能。这是此类植物在干旱环境中能正常生长发育的特殊构造之一^[26]。

三、苔藓吸收营养物质的特点

小型匍匐生长苔藓植物能够从生长基质中吸收所需要的营养物质，直接到达植物的生长部位。而像塔藓 (*H. splendens*) 这样的外导水型藓类 尤其是直立生长的苔藓植物 主要是通过降水而得到养分。总的来说 苔藓植物的营养物质可以从土壤、降水、大气、树冠淋溶以及岩石表面和枯枝落叶层的淋溶等途径获得，因此一般认为大气是苔藓矿质养分的主要来源。营养物质的含量影响着泥炭藓 (*S. palustre*) 植物的生长高度和植物体干重，而针阔混交林的年龄和倒木的年龄越长，林下和倒木上的苔藓种类和多度越丰富。林下大型直立疏松苔藓层在某种程度上可作为生态系统的营养“库”，在低浓度下从大气中截流营养物质和 CO_2 而以高浓度释放^[27]。苔藓植物因具有很强的阳离子交换能力，能从养分含量极低的环境中吸收并累积养分，因此被广泛用于环境污染监测。

第五节 苔藓植物对大气污染的指示作用

苔藓植物结构相对简单 有特殊的生理适应机制 能在高寒、高温、干旱和弱光等其他陆生植物难以生存的环境中生长繁衍。它没有真正的根和维管束组织，表面积较大，对环境因子的反应敏感度是种子植物的 10 倍，因此是一类良好的生物指示植物，被世界各国广泛应用为环境变化的指示物。通过开展苔藓植物对环境变化的响应及适应的研究工作，可利用苔藓植物对环境污染和全球变化进行指示和监测，同时也能对苔藓植物的多样性保护，以及生态系统恢复提供理论指导。苔藓植物作为生态指示物自 20 世纪 70 年代起备受关注 尤其是其对污染的生物指示作用^[28]。

随着工商业的发展、城市人口的增加、交通运输的频繁 使得大量生产、生活及交通“废气”排放到大气中，引起城市及附近地区空气质量的降低，大气污染严重。大气污染物的种类较多，按其存在状态可分为气溶胶状态污染物和气体状态污染物。前者是指固体粒子、液体粒子或它们在气体介质中的悬浮体。后者是指以分子状态存在的污染物，简称气态污染物。气态污染物大部分为无机气体，主要有五大类：以 SO_2 为主的含硫化合物，以氧化氮为主的含氮化合物，以及碳氧化合物、碳氢化合物、卤素化合物等。气态污染物又可分为一次污染物和二次污染物。一次污染物是指直接从污染源排放到大气中的原始污染物；二次污染物是指由一次污染物与大气中已有成分或几种一次污染物之间经过一系列化学或光化学反应而生成的新的污染物。目前受到普遍重视的一次污染物主要有硫氧化物 (SO_x)、氮氧化物 (NO_x)、碳氧化物 (CO , CO_2) 以及碳氢化物等，受到普遍重视的二次污染物主要是硫酸烟雾和光化学烟雾^[29]。

选择对空气污染最敏感的植物，并观察植物受害的病症是应用植物于空气污染监测的

关键。熏蒸试验 (Fumigation) 表明 苔藓植物在浓度为 0.005×10^{-6} 的 SO_2 的熏蒸下 即表现出明显的受害症状; 当浓度达到 0.4×10^{-6} 时, 苔藓植物在几十小时之内相继枯死。相反, 大部分的种子植物在浓度为 0.4×10^{-6} 的 SO_2 气体熏蒸 100 小时以上 仍无法用肉眼观察受害症状^[1]。移栽试验结果表明, 从非污染区移栽到污染区的苔藓植物大都出现明显的受害症状或死亡。野外调查比较结果表明, 城市在发展的过程中, 苔藓植物种类的多样性在减少^[30]。Barkman 于 1969 年指出 荷兰在经过一个世纪后 由于大气污染已使 14% 的苔藓植物消失 而其他高等植物仅减少了 3.8% 仅阿姆斯特丹就有 23 种苔藓植物绝灭。Delvosalle 对照了比利时在 1850 年记载的约 600 种苔藓植物 由于大气污染至今已使至少 114 种消失。同样 加拿大西南部及欧洲的一些地区 大气污染使一些常见的苔藓植物变得十分稀少。正是因为苔藓植物对大气污染的敏感性, 1968 年在荷兰举行的“大气污染对动植物影响”的会议上作出决议 推荐隐花植物 主要指地衣和苔藓 为大气污染的指示植物 理由是 它们非常容易获得 并且所显示对大气污染的特殊敏感性远远超过绝大多数的高等植物。

苔藓植物之所以对空气污染如此敏感, 与它的形态构造以及生物学特性密切相关。苔藓类植物个体都比较矮小 结构简单 有单层或几层细胞构成 无维管束构造 植物体表面没有蜡质的角质层覆盖物, 其背腹面均可直接接受空气中的污染物。尤其是树生苔藓, 其生活所需要的水分和养分均来自雨水和大气, 所以能将雨水或露水中的污染物通过特定的受害病症表现出来。气体污染物对于苔藓植物造成的伤害, 往往反映在其最明显的叶片上, 通常呈现的病症有: 出现黑斑或褐化现象; 叶片下表面产生特殊的银灰色光泽; 出现严重的黄萎症状; 长期污染下苔藓植物发生严重衰退, 甚至消失。

利用苔藓植物测定大气污染的方法主要有以下几种, 在此作简要介绍。

1. 移栽比较法 此方法是采用从非污染区树干上割下长有附生苔藓植物的树皮, 然后移栽到污染区作测定试验。通常的办法是割下直径为 5cm 左右的树皮为材料, 并拍照存档, 作日后比较用。然后将这些带有附生苔藓植物的树皮等高 (8~10m) 固定在架子或树干上, 并使苔藓植物面向污染源。经过一段时间的移栽后, 取下各树皮拍照, 并与移栽前存档的照片对照以了解每一个移栽树皮上苔藓植物的受害情况, 并以此判定污染源区的污染程度。另外, 也可取受害前后附生苔藓植物进行化学分析与解剖观察, 以确认各种附生苔藓植物对大气污染的抗性和敏感性。移栽对照结果表明, 随着污染程度的增加, 附生苔藓植物的受害程度增加 其存活率下降^[29]。

2. 苔藓监测器 设计制作苔藓监测器 选择较为敏感的苔藓种类 分别移于净化室和污染室 污染室苔藓的生长量会明显降低 以两室苔藓植物的生长量之差为依据 对大气污染进行评价。经一定时间后进行观测 求出受害率。据受害率的大小 对大气污染进行评价。

3. 大气净度指数 (IAP) 法 大气污染的生物学监测始于 20 世纪 60 年代后期。基本思路是 选择污染地区的树木为观察对象 测定树干附生的苔藓种类、多度 (盖度) 调查从树干近基部至树高 2.5m 处所有的附生苔藓, 按三级记录多度, 每个树种测定 10~15 株。三级统计制后来被五级统计制所替代。根据一个地区苔藓多度及盖度测定资料, 可分析大气污染的程度, 绘制大气污染分布图。IAP 的生态学涵义是 数值高 空气清洁、污染程度较低 附生藓类丰富 数值低 空气污染程度较高 附生藓类较少、发育不全。该方法在加拿大、俄罗斯、芬兰和其他地区都曾得到应用。鞍山、重庆等城市的大气净度指数测定结果符合这一规

律。作为一种经典方法,生态学途径监测大气污染具有积极意义^[31]。

我国学者高谦等曾对我国西南部分酸雨污染重区的树附生苔藓的种类、分布、盖度和频度进行了野外调查,在此基础上计算了各样点的大气污染指数(IAP)。据此,可将样区划分为①严重污染区,树附生苔藓0~2种,IAP值10以下降水pH值3~3.5;污染区树附生苔藓4~13种,IAP值10~30降水pH值4~5;基本纯净区,树附生苔藓19种以上,IAP值40~90降水pH值5.5~6.5。由此可见,IAP值与大气SO₂和酸雨的污染分布相一致,说明苔藓植物是简便、实用、有效的大气污染生物指示计。

4. 苔藓吊球技术 苔藓吊球技术是利用苔藓植物的一些种来监测大气中的重金属污染的方法。其方法是将泥炭藓以1%的硝酸液清洗除去杂质,再用去离子水冲洗掉酸液,风干后将泥炭藓置于容积约为10cm³的尼龙网中,然后把这些网球挂于监测区各监测点上,3~5个月后将这些泥炭藓回收收到实验室做重金属含量的测定分析,将结果与对照(未经污染的泥炭藓的测定结果)的数据进行比较,并以此绘出监测区大气重金属污染的分布。迄今为止,用作监测大气重金属污染的苔藓材料主要有白齿泥炭藓(*Sphagnum grigensohnii*)、塔藓(*H. splendens*)、赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)、泽藓(*P. fontana*)、桧叶金发藓(*Pogonatum juniperinum*)、匍匐猫尾藓(*Isoetes stolonifera*)、密叶绢藓(*E. compressus*)、长叶鳞叶藓(*Taxiphyllum taxiramenum*)^[32]。塔藓是采用最多的监测材料。金属对苔藓植物的毒性,其强烈程度的顺序经试验测定为Hg>Pb>Ca>Cd>Cr>Ni>Zn。不同种类或生活在不同生境中的苔藓植物积累金属的能力不同,影响苔藓植物吸收和积累金属离子的因素有风、pH、生长形状、生长阶段以及生长季节等。苔藓植物也能通过形态变化和排泄作用等对重金属污染产生抗性。Glooschenko利用锈色泥炭藓对加拿大大气中镉的含量进行比较,植物体内镉浓度超过0.2mg/g的苔藓仅在金属冶炼厂附近出现,说明大气中镉的主要来源是冶炼厂。来自不同污染程度地区的葫芦藓种群对铜的忍受能力与原先生境的铜含量有关。角齿藓在含不同浓度的重金属的培养基质中其生长速率、叶片大小以及精子器和颈卵器的形成受到不同的影响。土生墙藓移植至燃煤发电厂周围后其体内的Al、Cr、Fe、Ni和Pb含量明显增加。随着与发电厂距离增加,苔藓体内污染物含量呈明显梯度下降,并且其生理生态指数如光合作用速率、叶绿素含量、糖类等也有明显变化,说明可以利用苔藓的生理生态指数来监测环境污染。

第六节 常见药用苔藓植物

苔藓植物虽然种类繁多、分布很广,但由于个体较小,被人类直接利用的种类并不多,药用的种类就更少。李时珍在《本草纲目》的第二十一卷草部十中记载了16种“苔类”,其中可能包含一些植株矮小、生长密集、常生于阴湿环境中的藻类、地衣、苔藓、蕨类以及种子植物等。其中的“井中苔”、“垣衣”、“屋游”、“乌韭”和“土马鬃”等可能为苔藓植物或以苔藓为主。由于苔藓植物常混杂丛生,不同地区苔藓植物的分布差别又很大,当时对苔藓植物的认识肤浅,因此其中记载的“苔类”具体指的是哪一个种已难以考证。

据考证,其中“垣衣”、“屋游”等可能主要为银叶真藓,土马鬃可能为大金发藓(*Polytrichum commune*)或其同属植物。清代吴其浚在《植物名实图考》中记载了“一把伞”近代一

般认为是大叶藓 (*Rhodobryum ganteum*)。

可见，我国将苔藓植物作为药物已有悠久的历史。我国民间有用苔藓植物全草治病的习惯，据文献报道，目前我国民间和临床应用的苔藓植物有 50 余种，隶属于 25 科 39 属，近年来的调查和研究积累了比较丰富的资料，其种属和主要药效作用总结如下（表 1-2）以资深入研究^[33-35]。

表 1-2 我国主要药用苔藓植物

科	主要药用苔藓植物	药效作用
耳叶苔 (Frullaniaceae)	列胞耳叶苔 (<i>Frullania moniliata</i>)	有清心、明目、补肾等功效，用于治疗目赤肿痛、眼雾等病症
皮叶苔科 (Talgioniaceae)	皮叶苔 (<i>Targionia hypophylla</i>)	烘干，研成粉末，用菜油调匀，外敷，即可治癣及烫伤，或加等量头发灰用菜油调匀，同法处理，可治多年不收口的烂脚疮
蛇苔科 (Conocephalaceae)	蛇苔 (<i>Conocephalum conicum</i>) 小蛇苔 (<i>C. japonicum</i>)	有清热解毒、消肿止痛等功效；用于治疗毒蛇咬伤、痈疖疗疮、烧伤烫伤、无名肿痛、刀伤、骨折等病症 有消肿止痛、解毒的功效，用于治疗痈疖疗疮、蛇咬伤等
地钱科 (Marchantiaceae)	地钱 (<i>Marchantia polymorpha</i> L.)	有清热消炎、拔毒生肌等功效；用于治疗疮痈肿毒、烧伤烫伤、骨折、刀伤、毒蛇咬伤以及肝炎、结核等病症
瘤冠苔科 (Aytoniaceae)	石地钱 (<i>Reboulia hemisphaerica</i>)	有清热解毒，消肿止血的功效；用于治疗外伤出血、烧伤烫伤、跌打肿痛等
泥炭藓科 (Sphagnaceae)	大泥炭藓 (<i>Sphagnum alustre</i>) 细叶泥炭藓 (<i>S. teres</i>) 白齿泥炭藓 (<i>S. grigensohnii</i>) 中位泥炭藓 (<i>S. magellanicum</i>) 粗叶泥炭藓 (<i>S. squarrosum</i>)	有清热明目、止血止痒等功效，用于退云翳，治皮肤病，防止蚊虫叮咬等，消毒后可代替药棉制备外伤绷带 功效与大泥炭藓相近 同上 同上 同上
牛毛藓科 (Ditrichaceae)	黄牛毛藓 (<i>Ditrichum pallidum</i>)	有镇静的功效，用于治疗小儿惊风
曲尾藓科 (Dicranaceae)	梨蒴曲柄藓 (<i>Campylopus pyriformis</i>) 山毛藓 (<i>Oreas martiana</i>)	用于治疗老年虚咳、跌打损伤、风湿麻木等症 有祛风除湿、清热养阴、镇痛安神、止血等功效； 用于治疗风湿麻木、阴虚潮热、外伤出血、寒凝腹痛、神经衰弱及癫狂等症
丛藓科 (Pottiaceae)	小石藓 (<i>Weisiacon traversa</i>) 砂地石灰藓 (<i>Hydrogonium arcuata</i>)	清热解毒。用于治急性慢性鼻炎、鼻窦炎 清热止痢，治细菌性痢疾
葫芦藓科 (Funariaceae)	葫芦藓 (<i>Funaria hygrometrica</i>)	有舒筋活血、祛风镇痛、止血之功效，用于治疗鼻窦炎、肺热吐血、跌打损伤及关节炎等症
壶藓科 (Sphachnaceae)	并齿藓 (<i>Tetraplod onbryoides</i>)	有镇静安神之功效，用于治疗心悸、病症、中风不语等症

续表

主要药用苔藓植物		药效作用
真藓科 (Bryaceae)	银叶真藓 (<i>Bryum argenteum</i>)	清热解毒, 用于治疗细菌性痢疾, 与葫芦藓合用治鼻窦炎有特效
	大叶藓 (<i>Rhodobryum ganteum</i>)	有清肝明目、养心安神之功效; 用于治疗冠心病、心肌炎、神经衰弱、精神病、面神经麻痹、心悸等症
	暖地大叶藓 (<i>Rh. umgiganteum</i>)	功效与大叶藓相近
	狭边大叶藓 (<i>Rh. auberti</i>)	同上
	阔边大叶藓 (<i>Rh. laxelimbatum</i>)	同上
提灯藓科 (Mniaceae)	尖叶走灯藓 (<i>Plagiomnium cuspidatum</i>)	凉血止血; 用于治鼻出血及崩漏等症
	湿地走灯藓 (<i>P. niuacutum</i>)	功效与尖叶走灯藓相近
珠藓 (Bartramiaceae)	平珠藓 <i>Plagiopus lederi</i>)	镇静安神; 用于治疗心悸失眠、癫痫和中风不语等症
	直叶珠藓 (<i>Bartramia ithyphylla</i>)	镇静安神, 用于治疗治心悸心烦、癫痫、中风不语等症
	泽藓 (<i>Philonotis fontana</i>)	清热解毒; 用于治疗扁桃体炎、喉炎等上呼吸道炎症 以及疮疥等病症
白齿藓科 (Leucodontaceae)	偏叶白齿藓 (<i>Leucod onsecundus</i>)	止血止痛、消肿散瘀 熟用止血 生用散瘀血
蔓藓科 (Meteoriaceae)	小蔓藓 (<i>Meteoriella soluta</i>)	止血消炎 用于治疗外伤出血 胃肠出血 肺咯血等
	毛扭藓 (<i>Aerobryidium filamentosum</i>)	有清热消炎的功效; 可用于治疗烧伤
	丝带藓 <i>Floribundaria floribunda</i>)	治疗外伤出血及胃肠出血
羽藓科 (Thuidiaceae)	小羽藓 (<i>Haplocladium microphyllum</i>)	有清热解毒之功效; 用于治疗扁桃体炎、尿路感染、乳腺炎、丹毒、疖肿、肺炎、膀胱炎、中耳炎、产后感染等。用本品制成的“青苔素”针剂, 功效与青霉素相似
	大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>)	有清热、拔毒、生肌等功效 用于治疗水火烫伤
柳叶藓科 (Amblysteg iaceae)	牛角藓 (<i>Cratoneuron filicinum</i>)	有养心安神之功效; 用于治疗心悸失眠、神经衰弱等症
	薄网藓 (<i>Leptodicty umriparium</i>)	清热利湿 可治疗黄疸、尿路感染等
绢藓科 (Entodonaceae)	密吐绢藓 (<i>Entodoncomp ressus</i>)	有利尿之功效; 多用于治疗水肿病
	铜绿色绢藓 (<i>E. aeruginosus</i>)	功效与密吐绢藓相近
灰藓科 (Hypnaceae)	长叶鳞叶藓 (<i>Taxiphyllum taxiramenum</i>)	止血消炎 用于治疗外伤出血
	尖叶灰藓 (<i>Hypnumca llichroom</i>)	有消炎止痛、退热之功效; 用于治疗咽喉炎、肺炎、盲肠炎等
金发藓科 (Polytrichaceae)	东亚小金发藓 (<i>Pogonatum inflexum</i>)	镇静安神 用于治心悸怔忡、神经衰弱等
	小口小金发藓 (<i>P. microstomum</i>)	有消肿散瘀、排石止痛的功效; 用于治疗胆囊结石等症
	大金发藓 (<i>Polytrichum commune</i>)	有败毒通便、凉血止血、收敛补虚等功效 用于治疗久热不退、盗汗、肺癆、吐血、衄血、便血、崩漏、毒痢、疮疖、跌打损伤、便秘等症
	桧叶金发藓 (<i>P. juniperinum</i>)	功效同金发藓 同时有消毒、抗菌及抗癌活性 民间常直接取其孢粉敷于伤口, 用于抗菌消炎

续表

科	主要药用苔藓植物	药效作用
	疣小金发藓 (<i>P. urnigerum</i>)	镇静安神,用于治疗治心悸怔忡、神经衰弱等
	波叶仙鹤藓 (<i>Atrichum undulatum</i>)	止血消炎,用于治疗外伤出血
紫萼藓科 (Grimmiaceae)	毛尖紫萼藓 (<i>Grimmia pilifera</i>)	有较好的抗菌功效
	长柄紫萼藓 (<i>G. ovalis</i>)	有利尿之功效;治疗水肿
万年藓科 (Climaciaceae)	万年藓 (<i>Climacium dendroides</i>)	有清热除湿、舒筋活络、活血散瘀之功效;用于治疗风湿劳伤、筋骨疼痛

参 考 文 献

- 1 吴鹏程. 苔藓植物生物学. 北京: 科学出版社, 1998
- 2 胡人亮. 苔藓植物学. 北京: 高等教育出版社, 1987
- 3 Schofield WB. Introduction to Bryology. New York: Macmillan Publishing Company, 1985
- 4 Wu PC. The East Asiatic genera and endemic genera of the bryophytes in China. *Bryobrothera*, 1992, 1: 99 – 117
- 5 Wu PC. The mossflora of xishuangbanna, Southern Yunnan, China. *Tropical Bryology*, 1992, 5: 1 – 48
- 6 朱瑞良 王幼芳 熊李虎. 苔藓植物研究进展 I. 西北植物学报, 2002, 22: 444 – 451
- 7 常红秀. 江西苔藓植物资源及其生态分布. 南昌大学学报 (理科版), 1996, 20: 263 – 276
- 8 曹同 郭水量. 长白山森林生态系统树附生苔藓植物分布与环境关系研究. 生态学报, 2000, 20: 22 – 931
- 9 Longton RE. Vegetation types and zones. In: The biology of polar bryophytes and lichens. Published in Association with the British. *Bryological Society*, 1988b, 13 – 22
- 10 Light JJ. Deep-water bryophytes from the highest Scottish lochs. *J. Bryol*, 1976, 1: 55 – 62
- 11 Richardson DAS. The Biology of Mosses. London: Blackwell Scientific Publications, 1981
- 12 Crum H. Mosses of the Great Lakes forest region contrib. *Univ. Mich. Herb*, 1973, 10: 401 – 404
- 13 Frahm JP. Scientific results of the bryotropexpedition to Zaire and Rwanda. *Tropical Bryology*, 1994, 9: 137 – 152
- 14 Nadkarni N. Biomass and mineral capital of epiphytes in an Acer Macrophyllum community of a temperate moist coniferous forest Washington States. *Can. J. Bot*, 1984, 62: 2223 – 2228
- 15 衣艳君. 山东省苔藓植物的生物多样性特征及保护. 国土与自然资源研究, 2001, 3: 70 – 71
- 16 曹同 郭水量. 长白山主要生态系统苔藓植物的多样性研究. 生物多样性, 2000, 8: 50 – 59
- 17 Tuba. Light, temperature and desiccation responses of CO₂-exchange in the desiccation-tolerant moss. *Proceedings of the Lab Conference of Bryoecology*, 1987, 35: 137 – 150
- 18 高谦 吴玉环 黄国宏 等. 苔藓植物对环境变化的响应及适应性研究进展. 应用生态学报, 2001, 12: 943 – 946
- 19 Beckett RP. Pressure volume analysis of a range of poikilohydric plants implies the existence of negative turgor in vegetative cells. *Ann. Bot*, 1997, 79: 145 – 152
- 20 Green TG, Schroeter B, Kappen L, et al. An assessment of the relationship between chlorophyll fluorescence and CO₂ gas exchange from field measurements on a moss and lichen. *Planta*, 1998, 206: 611 – 618
- 21 Smirnoff N. The carbohydrates of bryophytes in relation to desiccation tolerance. *J. Bryol*, 1992, 17: 185 – 191
- 22 Hartung W, Hellwege EM, Volk OK. The function of abscisic acid in bryophytes. *J. Hattori. Bot. Lab*, 1994, 76: 59 – 65
- 23 Tong Z G. New distribution of some xeromorphic mosses in China. *Journal of Innermongolia University (Nat-*