

苔藓植物的多样性研究*

汪 庆 贺善安

(江苏省中国科学院植物研究所 , 南京 210014)

吴鹏程

(中国科学院植物研究所 , 北京 100093)

摘 要 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。缘于苔藓的可变水性、体表直接吸收水分和营养以及独特的繁殖与传播方式 ,苔藓几乎存在于所有的生态系统之中。除极地冻原、温带苔藓沼泽等以苔藓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。苔藓是重要的初级生产者之一 ,在物质循环中起着重要的作用 ,影响森林植被的水分平衡 ,也是某些演替过程中的重要先锋植物。苔藓与其它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。苔藓与人类生活的关系日益密切。由于苔藓与生境的强烈相关性 ,其多样性所受到的威胁主要源于生境的破坏 ,加之人们对苔藓的了解远远少于其它高等植物 ,这种威胁更应引起关注。

关键词 苔藓 ,生态系统 ,生物多样性。

The role of bryophytes in biodiversity/WANG Qing¹⁾ , HE Shan_An¹⁾ , WU Peng_Cheng²⁾

Abstract With nearly 23 000 species , various ecological adaptation , unique life history and poikilohydrous water relations , bryophytes are important components of the biodiversity of the world. In virtue of their ecophysiological attributes , bryophytes grow in all vegetation types , and always form their own societies within vascular plant societies. They are important for other organisms. By creating a special environment , they increase the species diversity in many ecosystems. Bryophytes play an important role in energy flow , nutrient cycling and water balance. It is necessary to define and emphasize the role of bryophytes in biodiversity , which has been neglected by the public. Otherwise , these highly specialized and sensitive organisms would disappear. The damaged habitat is also a main threat to bryophytes.

Key words biodiversity , bryophytes

Author 's address 1)Institute of Botany , Jiangsu Province & The Chinese Academy of Sciences , Nanjing 210014

2)Institute of Botany , The Chinese Academy of Sciences , Beijing 100093

由于苔藓体形小 ,传统上被误认为缺乏经济价值。对这类植物缺乏全面的认识 ,造成苔藓分类和生态学研究严重滞后 ,其在生物多样性研究中亦被忽视。因此有必要认识和强调苔藓在整个陆地生态系统和生物多样性中的作用和意义。

1 苔藓是生物多样性的的重要组成部分

苔藓是具较多种类的一类绿色植物(约 23 000 种) ,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。由于苔藓的输导组织不发达 ,限制了植物体的高度 ,不利于争夺阳光 ,并且它不具备真正的根系 ,不利于从基质中吸取营养 ,竞争能力也

低 ,以及配子体显著的世代交替方式、受精过程依赖于水等 ,限制了苔藓向陆生生活的进一步发展 ,使之成为植物界系统演化中的一个盲枝。尽管受到这些制约 ,在冻原、沙漠、裸岩、高海拔等地苔藓植物的生长优于维管束植物 ,作为附生植物也相当丰富。说明在特定生境条件下 ,苔藓的特性起到了有利于生长的作用。

1)许多种类具可变水性(poikilohydric) ,即细胞含水率会依周围环境的湿度而变动。空气中湿度下降 ,会直接导致苔藓体内水分含量下降 ,处于湿润条件下的苔藓种类 ,个体间和叶表面也有水分 ,细胞外有水分会大大增加 CO₂ 的扩散阻力 ,从而使光合作用速度变慢。随着细胞外水分的蒸发 ,光合作用速度慢慢加快 ,最终达到最大值。苔藓配子体无气孔 ,很多种类的护膜能力都极小 ,因此空气中湿度低 ,其细胞内水分会逐渐丧失。细胞如果脱水 ,水压降低 ,会强烈抑制光合作用和呼吸作用等生理活动 ,最终使生理活性降到最低^[1]。只要缺水程度不是太大 ,就可以在降雨中获得水分 ,并重新恢复生理活性 ,但视干燥时期的长短和苔藓种类而有不同。具可变水性的种类耐旱能力很强 ,在裸岩表面生长的砂藓(*Rhacomitrium canescens*) ,经历 200 日相对湿度 32% 的干燥 ,仍能保持其生理机能^[2]。阔叶紫萼藓(*Grimmia laevigate*)保存了 10 年的标本能够恢复活性^[3]。苔藓在形态上也有避免水分过分丧失的结构 ,如叶细胞表面具密疣 ,叶先端常有白色毛尖 ,茎枝多有鳞毛或假根 ,紧密丛生等。

2)体表直接进行气、水、营养物等物质交换。这也是地衣类 ,气生藻类 ,氰基细菌等陆生低等植物普遍具有的特征。表面积与体积之比较大 ,以及护膜不发达 ,吸取离子时的阻力小 ,有助于从整个体表吸收无机物^[4]。营养物几乎都是通过降水和树干提供的 ,或由水从基质输送 ,也可利用其它如气体、尘埃等。降水提供的氢离子能被苔藓群落迅速保留下来 ,而硝酸离子基本上无法保留 ,同时 ,降水无法提供磷等物质 ,这就得从基质获取。与那些与土壤等基质直接接触生长的种类相比 ,那些很少接触基质的种类能够非常有效地利用降水等临时性的营养物质来源。

3)具独特的繁殖和传播方式。苔藓一般都产生大量的孢子 ,如在加拿大 ,每平方米的赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)可产生 10 亿个直径为 8 ~ 12 μm 的健康孢子 ,能够传播到 19 000 km 远的地区^[5]。如此巨大的数目和距离 ,使之能够保证有足够数量的孢子到达适宜的生境。一些种类的孢子在长距离散布的过程中能够抵御严酷的环境 ,世界广布的角齿藓(*Ceratodon*)和葫芦藓(*Funaria hygrometrica*)能够分别在 16 和 13 年后萌发^[5]。无性繁殖在苔藓中占据着极为重要的位置 ,大多数苔藓很容易从叶或茎的一部分再生。这种营养繁殖在极地等环境恶劣、有性繁殖困难的地方尤为重要。事实上 ,大量生长在南极的苔藓中 ,有些种类根本没有孢子体^[6]。在挪威的冰川迹地 ,许多种类是通过断片繁殖的^[7]。苔藓的受精过程对水分有强烈的依赖性 ,但并不是所有苔藓都必须在经常保持湿润的地区才能生存。

苔藓对特定生态条件的适应 ,使之能够成为特定区域内显著的群落类型。极地冻原、温带苔藓沼泽是两类以苔藓为优势的植被类型 ,而在其它很多植被类型中 ,苔藓通常在维管束植物群落中形成自己的群落。树生群落经常是以苔藓为优势的 ,在空气湿度始终很高的亚热带、热带海拔 1000 ~ 2000 m 的山地 ,树生苔藓极为丰富 ,能形成苔藓林(mossy forest)。在美国华盛顿州的温带森林中 ,一棵 *Acer macrophyllum* 上 35.5 kg 的附生植物中 74% 为苔藓^[8]。树生苔藓群落包括紧贴、浮蔽、悬垂、基干树生群落和腐木群落。叶面附生群落也以苔藓(通常是苔类)为主 ,叶附生苔藓成为热带雨林的特色。林地的苔藓群丛极为复杂 ,与森林发育情况颇有关系 ,而苔藓生长情况对森林的发育亦有影响。我国北部和西南高山针叶林林下 ,主要为塔藓(*Hylocomium proliferum*)、垂枝藓(*Rhytidium rugosum*)、大拟垂枝藓(*Rhytidiadelphus triquetrus*)、

赤茎藓、锦丝藓(*Actinothuidium hookeri*)、曲尾藓(*Dicranum* sp.)和毛梳藓(*Ptilium crista-castrensis*)等覆盖。绢藓属(*Entodon*)和青藓属(*Brachythecium*)在秦岭以南的森林林地有广大分布,种类繁多,常和羽藓属(*Thuidium*)或提灯藓属(*Mnium*)植物等组成固定群落^[9]。水生苔藓在淡水湖,通常是溪沟中形成群落。在美国加州与内华达之间的Taho湖,深达150 m的湖底处发现有苔藓,在俄勒岗的Crater湖的水深20~60 m近岸带,生长着丰富的水藓(*Fontinalis antipyretica*)和浮水镰刀藓(*Drepanocladdus fluitans*)^[10]。在北极地区常年冰冻的30 m湖底也发现了苔藓^[11]。中国南部诸省的静水池塘中普遍有薄网藓群落,在西南和华北山区溪流中岩石上多为牛角藓(*Cratoneuron filicinum*)。次生的、半干旱或其它极端生境经常生长短命的土生苔藓,最习见的有真藓科群落,此外有凤尾藓属(*Fissidens*)中的小型种,生于耕地周边或梯田侧壁上。葫芦藓(*Funaria hygrometrica*)、立碗藓(*Physcomitrium sphaericum*)以及天命藓(*Ephemerum apiculatum*)在长江流域越冬休闲干燥的水田中常成大片纯群落。葫芦藓、银叶真藓(*Bryum argenteum*)和长蒴藓(*Trematodon*)往往在焚烧过的林地上特别茂盛,形成大片群落^[9]。一些苔藓生于盐质生境,如在英国沿海滩涂上有50多种苔藓^[12],*Funaria hungaria*生于东欧的盐碱地,*Pottia cinita*见于德国盐沼,*Funaria sickenbergii*生于埃及盐湖边缘的硫酸镁晶体上^[5],中国南方有机物或钾盐丰富的土壁常有长蒴藓-角苔群落。钙土群落以丛藓科藓类为主。氮土苔藓在我国高山地区习见,并齿藓(*Tetraplodon* spp.)、小壶藓(*Tayloria* spp.)、葫芦藓和银叶真藓也常见于含氮丰富的土壤。岩石、峭壁、悬瀑、极地及高山生境都是苔藓占据重要位置的生境。湿润石生群落常有泽藓群落、真藓群落,我国南方习见拟合睫藓-耳叶苔群落等。干燥石生群落中紫萼藓群落在我国分布最广。在高山土质浅薄、石砾丛集的地带,苔藓地衣群落占主要地位,最习见的高山石生群落为黑藓群落和砂藓群落。另外,以苔藓为主的生物群落,如南亚石灰藓(*Hydrogonium consanguineum*)等多种藓类,对水中钙质沉积形成石灰华(tufa),并进一步硬化形成拟灰石(travertine)有重要作用^[13]。至少有18种藓类生长在北美的干热沙漠^[14]。在以色列的纳格夫沙漠,由于靠近地中海与红海,湿度相对较高,因而有更多的苔藓^[15]。

2 苔藓在生物多样性中的重要作用

2.1 苔藓首先是重要的初级生产者之一。苔藓,特别是藓类,在寒温带和极地的年净生产量占据相当的比例,南极的植被几乎全为隐花植物,藓类为主要的生产者,在沿海地区年净生产量达200~900 g/m²^[16],在南乔治岛溪流附近超过1000 g/m²^[17]。北极地区苔藓通常与维管束植物、地衣生长在一起,年净生产量一般为20~80 g/m²,与维管束植物相比是较高的。泥炭藓是沼泽的主要生产者,年净生产量达790 g/m²^[18]。许多寒温带针叶林林下几乎全为苔藓覆盖,在一些研究中报道苔藓的年净生产量为100 g/m²,而针叶林的总年净生产量为200~1500 g/m²^[18]。因此藓类可能为北半球寒温带针叶林的主要生产者。温带森林的年净生产量为400~2500(平均为1000) g/m²,而苔藓的年产量可超过200 g/m²^[18]。在针叶林和沼泽中,苔藓地上部分总生物量一般为200 g/m²^[19]。一些热带群落类型中,苔藓生物量更高,特别是在高海拔灌丛,超过1000 g/m²^[20],其中主要为树生苔藓。

2.2 由于有效的吸收和缓慢的释放,苔藓在物质循环中起着重要的作用。对降雨中矿物质的直接吸收、低的导热能力、免于被食和低的分解水平,使苔藓积累起来,成为泥炭或腐植质的基本来源之一。而且苔藓层的毛细管作用能够减少溶于土壤水分中的矿物质的流失,进一步增加营养物质的保留。通过减少排放和与离子的化学结合,还有助于保持土壤肥力。异养细菌

和蓝 - 绿藻的的固氮作用与苔藓的联系在广泛的群落类型中都有报道^[4]。在美国新奥尔良的 *Pseudotsuga menziesii* 林中 ,地表苔藓虽然仅为地上部分生物量的 0.13% ,但其对氮和磷的吸收竟占到 10%^[21]。在阿拉斯加的黑云杉(*Picea marianalin*)林中的藓类储蓄地上部分磷的 75% ,塔藓的磷吸收能力要大大高于黑云杉^[22]。一旦有¹⁵N 散布于林床 ,就能被苔藓层迅速有机化 ,而维管束植物根只能慢慢获得^[23]。苔藓是北半球寒温带针叶林中树木吸收无机物强有力的竞争者^[24]。

而储于活或死的藓类的营养物质降低了对其它生物的供给能力。一些因素导致苔藓生物量很少被草食动物和分解者利用 ,如配子体的营养价值较低^[25,26] ,某些矿质元素的富集^[27]和泥炭藓的低氮水平等^[28]。泥炭藓属植物创造的酸性、浸水、缺氧的生境条件也降低了其分解速率。由于富含纤维素和类木质素导致藓类细胞壁的低降解能力 ,也降低了消化和分解的速率^[16,29]。次生代谢产物也起了作用 ,包括对昆虫和螨类致命的苯甲酸苄酯类、对植食性昆虫有排斥作用的草酸^[30]。泥炭藓醇也是导致泥炭藓类^[31]和灰藓类^[32]分解较慢的原因。56% (111 种中的 61 种)被研究藓类的提取物对至少一种细菌有抗菌作用^[33] ,一些种类有抗真菌的作用 ,特别是折叶苔(*Diplophyllum albicans*)、棉藓(*Plagiothecium denticulatum*)和小金发藓(*Pogonatum aloides*)^[34]。

2.3 苔藓具有较强的吸水能力。如尖叶泥炭藓吸水量占本身重量的 94% ,波叶曲尾藓占 82.8% ,赤茎藓占 88.5%。另外 ,苔藓及其群聚所形成的毛细管系统具有吸水、保水能力 ,包括 : 1) 器官间的 :如鞘状叶 ,叶基部或假根绒毛之间 2) 器官表面的 :如叶或茎表面的疣、脊棱、褶皱间 3) 器官内的 :如泥炭藓叶片无光合作用的细胞和许多藓类植物叶基部的孔状细胞^[35]。而苔藓层中个体间形成的毛细管吸收水分更多^[5]。因此苔藓群落具有很强的吸水和保水能力 ,缓冲了生境的剧烈变化 ,减少了土壤侵蚀 ,有利于森林植被的稳定 ,也对森林和沼泽的形成和演替产生影响 ,并帮助稳定地面径流。如东北落叶松林中的山羽藓和垂枝藓对水土保持起了积极的作用^[9]。坦桑尼亚的高海拔灌丛林中的树生苔藓 ,在一次降雨中可吸收 30 m³/hm² 水分 ,超过该群落其它部分吸收的总和^[20]。苔藓通过慢慢地朝土壤中释放水份 ,从而维持湿润的环境 ,调节对农业至关重要的河水水量。

2.4 苔藓是植物界的拓荒者之一。在极地 ,砂碛、荒漠、冻原以及山区裸露石面、新断裂的岩层和砂土上 ,苔藓常为重要的先锋植物。可变水性苔藓有高度的耐旱、耐寒能力 ,生长在岩面的苔藓能分泌一些酸性物质 ,逐步溶解岩面。苔藓通过吸收降水带来的营养物质 ,将营养物质容留在系统内 ,这在土壤不发达的原生生境中起着重要作用^[36]。Walton 指出将沙粒等蓄积在群落之内是生长在岩石上的苔藓的重要作用之一^[37]。在砂质草原 ,以藓类为主的隐花植物能使土壤凝聚而减少流失^[38]。苔藓群落作为中小型土壤动物的栖息地也是十分重要的 ,可以促进生态系统功能的逐步完善^[37]。在混凝土、石墙、砖墙等建筑物和人为地表 ,也常是苔藓群落占据优势的地方。Bowden 估计在废弃的砂坑里生长的金发藓 ,每年每公顷能蓄存 10.1 kg 的氮^[39]。在森林火灾后 ,首先出现的也常为苔藓^[2,40,41]。在 Michigan 某地火后 4 年 ,即 1930 年观察到角齿藓 ,到 1940 年这种藓类覆盖 50% 的地面 ,到 1950 年达 95%。 *Polytrichum piliferum* 出现于 1942 年 ,到 1971 年与扁状苔类一起 ,几乎代替了角齿藓^[5]。说明这些苔藓迅速覆盖地表 ,可抑制营养物质的丧失和防止土壤受到侵蚀。

2.5 苔藓与其他生物类群有着密切关系 ,对一些物种的生活和生存至关重要 ,促进和保护了生物多样性。尤其苔藓创造的湿润、终年恒温、微生物和无脊椎动物众多的生境 ,促进了生态系统内物种的多样性和营养关系的多元化。居于苔藓丛的无脊椎动物包括原生动物、turbel-

arians、轮虫、线虫类、环节动物、软体动物、缓步类、甲壳类、多足类、蜘蛛类和昆虫(特别是蝇类)。Gerson 认为苔藓生境对于生活史中有水生阶段的生物的陆生生活特别重要^[30]。大量的无脊椎动物以苔藓为食物来源,但有些也有另外的取食习性,如半翅类昆虫 *Myrmedobia tenella* 以蚜虫为食^[42], *Thyas barbiger* 产卵于水生藓类,寄生于蚊子幼虫^[43]。提灯藓属的一些种类是一些产生五倍子蚜虫的冬寄主。热带象鼻虫利用其被上的藓类作为伪装^[44]。昆虫中有模仿苔藓的行为^[30]。一些蝇类幼虫用水生藓类来构筑蛴螬^[45]。藓类植物是一些啮齿类^[37]和许多鸟类^[46]的主要筑巢材料。寄生于苔藓的真菌是广泛的^[5]。虽然苔藓的适口性较差^[19], 北极地区相当数量的哺乳类和鸟类将苔藓作为食物来源,如在挪威的斯瓦尔巴特群岛,驯鹿以苔藓为主要越冬食物^[47];一些天鹅越冬食物的 25% 为苔藓^[29];在阿拉斯加的 Point Barrow, 旅鼠和仓鼠越冬食物的 40% 和 20% 为苔藓,麝牛和北美驯鹿的食物中包含隐壶藓^[5]。藓类由于多链可溶性脂肪酸含量较高,能够提高动物的御寒能力^[32],在英国,松鸡和山雀食用苔藓的孢蒴^[32];在纳格夫沙漠,蚂蚁也采集藓类的孢蒴^[15]。

在极地苔藓群落中,常有具固氮活性的蓝藻类踪迹,这些蓝藻类能将一部分固定的氮排放出细胞,而苔藓则将这些氮化物迅速吸收^[6,48],作为供给苔藓的氮源和生态系统固定氮的流入路线都是十分重要的。暗色的苔藓群落可营造适合于氮固定的高温环境^[49]。在极地以外的许多地方发现固定氮的细菌生长于苔藓群落中。VA 菌根菌与各种植物共生,以促进水、营养物质特别是磷的吸收,苔藓群落中也可常见到 VA 菌根菌^[32]。苔藓层为一些树木种子萌发提供了有利的条件。苔藓层的存在能够大大提高 *Abies weitchii* 种子的存活率,日本铁杉(*Tsuga diversifolia*)种子的存活率依赖于林下苔藓层的厚度^[50]。同样,*Rhododendron ponticum* 只限于厚度不足 1 cm 的苔藓层中才能扎根生长^[51]。在苔藓层中发芽的白冷杉(*Abies sachalinensis*)不易受松树孢霉(*Rhacodium*)感染而引发雪腐病^[50]。一些维管束植物,如长果升麻(*Souliea vaginata*)、五福花(*Adoxa moschatellina*)、独叶草(*Kingdonia uniflora*)、睫毛蕨(*Pleurosoriopsis makinoi*)、虎耳草属(*Saxifraga*)植物、人字果(*Dichocarpum sutchuenense*)等常生于藓丛中,这些植物依赖于苔藓提供和改造的生境,苔藓的衰亡影响其衰亡。Carleton 等通过³²P 和¹⁴C 同位素示踪试验证明,磷和碳由菌根菌从藓类输送到松树^[52]。棕榈科植物 *Welfia geroifgii* 上的叶附生苔中,有蓝藻类,后者固定的氮能被 *Welfia* 叶子吸收^[53]。如果除去叶附生苔,由食叶蚁造成的危害将增加 2~3 倍^[54]。

3 苔藓植物的利用及其保护

早在 11 世纪中期,中国的《嘉佑本草》已记载土马鬃(*Polytrichum commune*)能败热解毒,目前中国有近 50 种苔藓被作为中草药。近年来随着人们对苔藓的生物活性的了解日益深入,苔藓植物应变作用、细胞毒和细胞生长抑制活性、植物生长调节作用、强心作用、抗炎作用、加压素拮抗作用、释放过氧化物作用、昆虫拒食作用、对有害生物体的预防作用及酶抑制作用等已逐渐被人们认识^[55]。提灯藓属的一些种类与五倍子(*Rhus chinensis*)的生产有极为密切的关系。苔藓的美学价值在东方受到赞赏,例如苔藓园的小巧玲珑、色泽青翠及越冬能力在园林绿化上有极大的应用潜力。果园的苔藓能够防止水土流失,便于机械化管理。因茎叶具有很强的吸水和保水能力,苔藓常被用于新鲜苗木的包装运输,或在果树嫁接时接口包扎,或作插条、播种后的覆盖物。有些水生藓类种植在鱼塘中提供氧气。曾经由于其杀菌功效而受瞩目的泥炭藓,已大量应用于名贵花卉兰花的培植。苔藓在环境监测、评价和保护中发挥着日益重要的作用。

由于苔藓对其适生的生态环境有强烈的依赖性 ,生境的破坏严重威胁其多样性 ,这种威胁已引起关注。陈灵芝^[56]报导了中国大约 50 种珍稀濒危苔藓。吴鹏程等建议在中国濒临减少的苔藓中选择 6 种及 6 个地区开展保护研究 ,并提出了中国目前在苔藓保护中应开展的 3 方面工作^[57]。贺善安等提出的致危生境的概念^[58] ,就苔藓而言有着现实和理论的指导意义。由于组织结构简单 ,苔藓容易受到环境因素波动的影响 ,特别是水生或局限于阴湿生境的苔藓。大多数苔藓具有生态局限性 ,特定生境的破坏必然导致这些物种的灭绝。苔藓的生态发展方向是多方面的 ,其形态学和生理学特征导致资源的利用方式与维管束植物不同 ,并在对不同生态条件的长期适应过程中产生了强烈的分化和特化。另一方面 ,苔藓除特殊生境外 ,与维管束植物相比缺乏竞争力 ,属于 Hutchinson 的逃亡种(fugitive species) ,但由于其具良好的散布机制而存在 ,又不可避免地屈服于任何能够进入同样生态位的种类。如生于林下倒木的苔藓 ,生于动物粪便上的壶藓科的种类。这些种类总是处于运动之中 ,在一处因竞争而灭绝 ,在其它地方又可作为新的生态位开拓者而重建 ,并因此生存下来。

目前紧迫的工作是完成苔藓植物的编目 ,以对苔藓植物的物种多样性有较为全面的认识。而苔藓植物的保护必须依赖于各种类型生境的保护 ,应在整个生态系统保护的框架内 ,针对苔藓植物的生物学特点相应地进行保护。苔藓植物的应用研究也是至关重要的 ,保护是与利用是相辅相成的。如果忽视其利用价值而进行单纯的保护是缺乏生命力的。特别是在目前商品经济高度发展的情况下 ,如何能够参与生产与经济发展 ,为彻底摆脱被忽视的境地 ,应将物种资源优势转化为经济优势作为苔藓植物保护的重要工作内容。目前我们正在努力地开拓这方面的工作 ,主要包括苔藓植物的活性成分研究和苔藓园建设 ,最终使苔藓植物的多样性研究和保护利用受到重视。

参 考 文 献

1 Dilks , Proctor. The pattern of recovery of bryophytes after desiccation. *J. Bryol.* , 1974 , **8** :97 ~ 115
2 De Las Heras J , Guerra J , Herranz J M. Bryophyte colonization of soils damaged by fire in South-east Spain : a preliminary report on dynamics. *J. Bryol.* , 1990 , **16** :275 ~ 288
3 Keever C H. Establishment of *Grimmia laevigata* on bare granite. *Ecology* , 1957 , **38** :422 ~ 429
4 Brown D H. Mineral nutrition . In Smith A J E (ed.) , *Bryophyte Ecology* , London , 1982 :283 ~ 444
5 Richardson D H S. The Biology of Mosses. Blackwell , Oxford. 1981
6 Jones K , Wilson R E. The fate of nitrogen fixed by a free-living blue-green alga. *Ecol. Bull.* (Stockholm) , 1978 , **26** :158 ~ 163
7 Elven R. The Omnsbreen glacier nuntaks—a case study of plant immigration. *Norw. J. Bot.* , 1980 , **27** :1 ~ 16
8 Nadkarni N M. Biomass and mineral capital of epiphytes in an *Acer Macrophyllum* community of a temperate moist coniferous forest. Washington State. *Can. J. Bot.* , 1984 , **62** :2223 ~ 2228
9 陈邦杰等. 中国苔藓植物属志(上册). 科学出版社 , 1993
10 Crum H. Mosses of the Great Lakes forest region contrib. *Univ. Mich. Herb.* , 1973 , **10** :1 ~ 404
11 Light J J , Lewis Smith R I. Deep-water bryophytes from the highest Scottish lochs. *J. Bryol.* , 1976 , **1** :55 ~ 62
12 Adam P. The occurrence of bryophytes on British saltmarshes. *J. Bryol.* , 1976 , **9** :265 ~ 74
13 Parihar N S , Pant G B. Bryophytes as rock builders—some calcicole mosses and liverworts associated with travertine formatin at Sahasradara , Dehra Dun. *Current Science* , 1975 , **44** , 61 ~ 62
14 Nash T H , White S L , Marsh J E. Lichen and moss distribution and biomass in hot desert ecosystems. *Bryologist* , 1979 , **80** :470 ~ 9
15 Loria M , Herrnstadt I. Moss capsules as food for the harvester ant , Messor. *Bryologist* 1980 , **83** :524 ~ 525
16 Davis R C. Structure and function of two Antarctic terrestrial moss communities. *Ecol. Monogr.* 1981 , **51** :125 ~ 143
17 Chapin F S III , Oechel W C , Van Cleve K , Larwrence W. The role of mosses in the phosphorus cycling of an Alaskan black spruce forest. *Oecologia* , 1987 , **74** :310 ~ 315
18 Leith H. Primary productivity of the major vegetatin units of the world. *Ecol. Stud.* , 1975 , **14** :203 ~ 214

- 19 Rieley J O , Richards P W , Bebbington A D L. The ecological role of bryophytes in a north Wales woodland. *J. Ecol.* , 1979 , **67** :497 ~ 527
- 20 Pocs T. Tropical forest Bryophytes. In :Smith A J E(ed.) , *Bryophyte Ecology* , Champan , London , 1982 , **59** ~ 104
- 21 Binkley D , Graham R L. Biomass , production and nutrient cycling of mosses in an old-growth Douglas-fir forest. *Ecology* , 1981 , **62** :1387 ~ 1389
- 22 Carleton T J , Read D J. Ectomycorrhizas and nutrient transfer in conifer-feather moss ecosystems. *Can. J. Bot.* , 1991 , **69** :778 ~ 785
- 23 Werber M G , Van Cleve K. Nitrogen transformations in feather moss and forest floor layers of interior Alaska black spruce ecosystems. *Can. J. For. Res.* , 1984 , **14** :278 ~ 290
- 24 Oechel W C , Van Cleve K. The role of bryophytes in nutrient cycling in the Taiga. *Ecol. Stud.* , 1986 , **57** :121 ~ 137
- 25 Skre O , Oechel W C. Moss production in a black spruce *Picea mariana* forest with permafrost near Fairbanks , Alaska , as compared with two permafrost-free stands. *Holarctic Ecology* , 1979 , **2** :249 ~ 254
- 26 Wielgolaski F E , Kjølsvik S. Functioning of Fennoscandian tundra ecosystems. *Ecol. Stud.* , 1975 , **17** :300 ~ 326
- 27 Shacklette H T. Element content of bryophytes U. S. *Geol. Surv. Bull.* , 1965 , 1198 ~ D 21pp
- 28 Clymo R S , Hayward P M. The ecology of Sphagnum. In :Smith A J E(ed.) , *Bryophyte Ecology* , London , 1982 :229 ~ 289
- 29 Prins H H. Why are mosses eaten in cold environments only ? *Oikos* , 1982 , **38** :374 ~ 380
- 30 Gerson U. Bryophytes and invertebrates. In :Smith A J E(ed.) , *Bryophyte Ecology* , Chapman , London , 1982 :291 ~ 332
- 31 Rosswall , Veum A K , Karenlampi L et al. Plant litter decomposition at fennoscandian Tundra sites. *Ecol. Stud.* , 1975 , **16** :268 ~ 278
- 32 Longdon R E. The role of bryophytes in terrestrial ecosystems. *J. Hatt. Bot. Lab.* , 1984 , **55** :147 ~ 163
- 33 Banerjee R D , Sen S P. Antibiotic activity of bryophytes. *Bryologist* , 1979 , **82** :141 ~ 153
- 34 Wolters B. Die Verbreitung antifungaless Eigenschaften bei Moosen. *Planta* , 1964 , **62** :88 ~ 96
- 35 Buch H. Über die Wasser-und Mineralstoffversorgung der Moose. *Comm. Biol. Soc. Sci. Fenn.* 1945 , 1947 , **9(16)** :1 ~ 44 ; **9(20)** :1 ~ 61
- 36 Greenfield L G. Retention of precipitation nitrogen by Antarctic mosses , lichen and fellfield soils. *Antarctic Science* , 1992 , **4** :205 ~ 206
- 37 Walton D W H. The effects of Cryptogams on mineral substrates. In :Miles J et al.(eds.) , *Primary Succession on Land* , Blackwell , London , 1993 :33 ~ 53
- 38 Schulten J A. Soil aggregation by cryptogams of a sand prairie. *Amer. J. Bot.* , 1985 , **72** :1657 ~ 1661
- 39 Bowden R D. Inputs , outputs and accumulation of nitrogen in an early successional moss (*Polytrichum*) ecosystem. *Ecol. Monogr.* , 1991 , **61** :207 ~ 233
- 40 Brasell H M , Mattay J P. Colonization of bryophytes of burned *Eucalyptus* forest in Tasmania , Australia :changes in biomass and element content. *Bryologist* , 1984 , **87** :302 ~ 307
- 41 Foster D R. Vegetation development following fire in *Picea mariana* (Black spruce)—pleurozium forests of south-eastern Labrador. Canada. *J. Ecol.* , 1985 , **73** :517 ~ 534
- 42 Southwood T R E , Leston D. Land and Water Bugs of the British Isles Warne , London , 1959
- 43 Mullen G R. Acarine parasites of mosquitoes IV. Taxonomy , life history and behaviour of *Thyas barbiger* and *Thyasides sphagnorum* (Hydrachnellae :Thyasidae.) *J. Med. Ent.* 1977 , **13** :475 ~ 485
- 44 Gressitt J L , Samuelson G A , Vitt D H. Moss growing on living Papuan moss-forest weevils. *Nature* , 1968 , **217** :765 ~ 767
- 45 Glime J M. Insect utilisation of bryophytes. *Bryologist* , 1978 , **81** :186 ~ 187
- 46 Breil D A , Moyle S M. Bryophytes used in construction of bird nests. *Bryologist* , 1976 , **79** :95 ~ 98
- 47 Reimers E. Population dynamic of two populations of reindeer in Svalbard. *Artc. Alp. Res.* , 1977 , **9** :369 ~ 395
- 48 Basilier K. Fixation and uptake of nitrogen in Sphagnum blue-green algal associations. *Oikos* , 1980 , **34** :239 ~ 242
- 49 Alexander V , Billington M , Schell D M. Nitrogen fixation in arctic and alpine tundra. *Ecol. Stud.* , 1978 , **29** :539 ~ 558
- 50 Nakamura T. Effect of bryophytes on survival of conifer seedlings in subalpine forests of central Japan. *Ecological Research* , 1992 , **7** :155 ~ 162
- 51 Cross J R. The establishment of *Rhododendron ponticum* in the Killarney oakwoods. Ireland , *J. Ecol.* 1981 , **69** :807 ~ 824

52 Clarke G C S , Greene S W , Greend D M. Productivity of bryophytes in polar regions. *Ann. Bot.* 1971 ,**35** :99 ~ 108

53 Bentley B L , Carpenter E J. Direct transfer of newly-fixed nitrogen from free-living epiphyllous microorganisms to their host plants. *Oecologia* ,1984 ,**64** 52 ~ 56

54 Muller U G , Wolfmueller B. Epiphyll deterence to the leafcutter at *Atta cephalotes*. *Oecologia* ,1991 ,**86** :36 ~ 39

55 王凤强 , 娄红祥 , 温学森. 苔藓植物化学成分及生物活性研究. 国外医药(植物药分册) ,1997 ,**9** 265 ~ 74

56 陈灵芝主编. 中国的生物多样性——现状与保护对策. 北京 :科学出版社 ,1993

57 吴鹏程 , 贾渝 , 汪湄芝. 中国濒危苔藓植物保护生物学研究. *CHENIA* ,1997 , Vol. **3** ~ **4** 37 ~ 41

58 贺善安 , 郝日明. 中国鹅掌楸自然种群动态及其致危生境的研究. 植物生态学报 ,1999 **23**(1) :1 ~ 9

“ 中国濒危物种保护的理论与实践 ”——第 48 次青年科学家论坛在杭州举行

濒危物种保护是当今保护生物学的重要命题之一 ,保护生物学是一门具有地域特点的科学。在全球宏观环境的大背景下 ,保护生物学与区域性的社会、经济、自然状况密切相关。最近 20 年来 ,我们对人与自然关系认识的变迁以及在自然保护 ,特别是野生动物保护中所做的大量工作需要总结 ,以指导中国濒危物种保护的实践。

1999 年 10 月 18 日至 21 日 ,中国科协在杭州召开的首届学术年会上 ,组织了一次以“ 中国濒危物种保护的理论与实践 ”为主题的青年科学家论坛。与会代表包括 28 名来自高校、科研院所、环保部门和自然保护协会的从事有关濒危物种保护的青年科学家。论坛由中国科学院动物研究所研究员蒋志刚博士和美国大自然保护协会首席景观生态学家李晓军博士担任执行主席 ,中国科协书记张云台、张喆出席了论坛。会上青年科学家们分别就栖息地片段化问题、濒危物种的就地保护、野生哺乳动物保护的对策、濒危植物的研究与关键问题、繁殖行为和全球变暖问题在物种濒危灭绝机制上的应用、中国自然保护区政策、兽类多样性的热点地区、生物多样性及其悖论、中国的野生动物保护与 21 世纪的挑战 ,以及围绕动物灭绝事件开展环境教育等方面研究做了论坛报告。代表们还报告了在保护坡鹿、云豹、海南长臂猿、朱■、镇海棘螈、白鳍豚、普氏原羚、伊犁鼠兔和大熊猫等物种方面的研究进展。

通过这次论坛 ,代表们对半个世纪以来在中国濒危物种保护中所做的实践工作做了总结 ,就 21 世纪如何形成中国保护生物学理论 ,保护生物学工作者的信息交流与协调途径 ,以及有关筹建“ 中国保护生物学会分会 ”的事宜达成了共识。会议推举蒋志刚、马克平、李晓军、张立、郭耕、曾岩为中国保护生物学专业委员会筹备会成员。

(中国科学院动物研究所 曾 岩 李春旺)