

# 黑龙江兴凯湖沼泽地苔藓植物群落初步研究

宋闪闪<sup>1</sup>, 姜炎彬<sup>1</sup>, 张庆忠<sup>2</sup>, 李融<sup>1</sup>, 邵小明<sup>1\*</sup>

(1. 中国农业大学生物学院, 北京 100193; 2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

**摘要:** 2009年夏在黑龙江兴凯湖沼泽地中随机选取47个1 m × 1 m样方, 进行苔藓植物及相应维管植物群落调查, 并测量记录环境因子, 以分析苔藓植物多样性, 探讨影响苔藓植物生长与分布的主要环境因子。结果表明: 所调查的沼泽地中共有苔藓植物5科、6属、7种, 其中粗叶泥炭藓(*Sphagnum squarrosum*)和中位泥炭藓(*S. magellanicum*)为优势种。CCA分析结果显示, 粗叶泥炭藓和中位泥炭藓多分布于水位埋深大的生境中, 且前者常出现于以细叶苔草(*Carex rigescens*)为主的群落中, 而后者则主要出现于以芦苇(*Phragmites australis*)—小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)为主的群落中; 中位泥炭藓能生长于沼泽地pH 4.4~6.5的所有生境中, 粗叶泥炭藓则局限生长于pH 5.3左右的生境中, 而大湿原藓(*Calliergonella cuspidata*)、万年藓(*Climacium dendroides*)、地钱(*Marchantia polymorpha*)和镰刀藓(*Drepanocladus aduncus*)等4种苔藓植物生长于水体pH值为6.3左右的生境中。研究认为, 沼泽地的水位埋深、水pH值和维管植物群落特征是影响这7种苔藓植物生长和分布的主要因子。

**关键词:** 苔藓植物; 维管植物; 环境因子; 兴凯湖

中图分类号: Q948; Q949.35

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2011)03-0272-06

## Preliminary Research on Bryophyte Communities in Xingkai Lake Marshland, Heilongjiang Province, China

SONG Shan-Shan<sup>1</sup>, JIANG Yan-Bin<sup>1</sup>, ZHANG Qing-Zhong<sup>2</sup>, LI Rong<sup>1</sup>, SHAO Xiao-Ming<sup>1\*</sup>

(1. College of Biological Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 2. Institute of Agricultural Environment and Sustainable Development, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Xingkai Lake in Heilongjiang Province is located in the temperate zone, and whose marshland is one of the most important wetlands in China. In this study, 47 quadrats of 1 m × 1 m were randomly sampled from the edge to the center of the marshland in the summer of 2009, and bryophyte presence, vascular plants communities, and related environmental factors were investigated. We analyzed species diversity of bryophytes and their distribution in relation to environmental factors. The results showed there were seven species belonging to five families and six genera, and the dominant species were *Sphagnum squarrosum* and *S. magellanicum*. Using Canonical Correspondence Analysis (CCA), the relationship between bryophytes and environmental factors showed *S. squarrosum* and *S. magellanicum* mostly lived relatively deep in water table, meanwhile *S. squarrosum* was normally found in the *Carex rigescens* community and *S. magellanicum* in the *Phragmites australis*-*Deyeuxia angustifolia* community. *S. magellanicum* was found in all research areas with a water pH of 4.4~6.5, but *S. squarrosum* was only found in marshland of about pH 5.3. *Calliergonella cuspidata*, *Climacium dendroide*, *Marchantia polymorpha* and *Drepanocladus aduncus* grew in the water with pH 6.3. We considered that the key environmental factors that influenced bryophytes growth and distribution were depth of water table, the nature of vascular plant community and water pH.

**Key words:** Bryophytes; Vascular plant; Environmental factors; Xingkai Lake

收稿日期: 2010-08-30, 修回日期: 2010-12-27。

基金项目: 国家科技支撑计划项目: 沿兴凯湖地区农业面源污染源头控制及生态优化技术研究与示范课题(2007BAD87B03)。

作者简介: 宋闪闪(1984-), 女, 博士生, 从事苔藓植物生态学研究。

\* 通讯作者(Author for correspondence. E-mail: shaoxm@cau.edu.cn)。

沼泽地生态系统中的苔藓植物对水分循环、养分循环、植被结构维持以及破坏后的恢复都起着不可替代的作用。在沼泽地恢复过程中,一些苔藓植物,特别是泥炭藓群落,以泥炭藓本身的强大蓄水功能有助于沼泽地的恢复与维持<sup>[1,2]</sup>,如尖叶泥炭藓(*Sphagnum acutifolium*)吸水量占本身重量的94.3%。作为沼泽生态系统中地被植物和初级生产者的重要组成部分,苔藓植物的分布和组成随研究尺度大小而不同:在大空间和时间尺度上,温度和降水等气候因子是主要影响因素<sup>[3,4]</sup>;而在小尺度上,则受水体的酸碱度、电导率、水位埋深、维管植物的种类及遮蔽度、人为活动等的影响更为显著<sup>[5-8]</sup>。在自然界中,生物量的多少与物种在生态系统中的地位关系密切,苔藓植物的生物量受生长环境影响大,一些研究已证实了苔藓植物生物量与维管植物的生物量呈负相关<sup>[9]</sup>,我国学者曹同等在长白山地区的研究也证实了这个结论<sup>[10]</sup>。苔藓植物生物量及物种组成的不同可表明其对环境条件要求的差异性,从而对生境有很好的指示作用<sup>[11]</sup>。

位于中俄边境的兴凯湖沼泽地自然保护区是我国重要的湿地保护区,拥有大面积的沼泽地。作者通过对该地区苔藓植物及相应的维管植物群落进行研究,以期阐明影响沼泽地苔藓植物分布的主要因素及其与维管植物的关系,为沼泽地植被的保护提供科学依据。

## 1 研究区概况

本研究区位于黑龙江省密山市中俄界湖兴凯湖(中国境内,44°28'~45°31' N, 132°~132°50' E)周边湿地。该区属于寒温带大陆季风气候,冬季严寒多暴雪,夏季雨量充沛;年平均降水654 mm,月降水量8月份最多,平均为119.7 mm,1月份最少,仅5.4 mm。年平均气温3℃,一年之内1月份最冷,最低达-39℃;7月份最热,月均气温21℃,最高达36℃。无霜期为147 d,水面封冻期为180 d<sup>[12]</sup>。兴凯湖植物区系属泛北极植物区系,属于森林湿地地带。主要土壤类型为沼泽土和白浆土。随着地势的不同,植物群落分布也错落有致,各岗之间形成了沼泽地,在沙岗上形成了以兴凯湖松(*Pinus takahasii*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)等乔木为主的森林植被,在低地上形成了以芦苇(*Phragmites australis*)、小叶章(*Deyeuxia angustifolia*)等草本为主的湿地植被。兴凯湖湿地的草甸、沼泽、湖泊和森林组成了一个完整复杂的湿地生态系统,物种多样性十分丰富,几乎容纳了三江平原上所有的重要的物种<sup>[13]</sup>。

## 2 研究方法

2009年7~8月在兴凯湖沼泽地从边缘到中心随机调查1 m×1 m样方47个,进行维管植物群落调查,包括群落或物种的盖度、株高、密度等,并用收割法收获各个物种地上部分,称量鲜重;同时测量记录样方内各苔藓物种的盖度;记录各环境因子,包括地理坐标、距沼泽地边缘的距离、水位埋深(从水面至土壤或至植物根系交织而成的垫状表面的自然深度)和用pH计测量各样方水样pH值等。采集样方内的植物标本带回室内鉴定。凭证标本保留于中国农业大学标本室(BAU)。

苔藓植物生物量的采集采用盖度大于1%的物种,取1%盖度的活体部分生物量。用手挤干水直到无水滴出后,称其鲜重,盖度小于或等于1%的物种则全部取出测定其鲜重。用下列关系式计算生物量,即生物量(g/m<sup>2</sup>)=鲜重(g/m<sup>2</sup>)×盖度<sup>[14]</sup>。

$$\text{重要值} = (\text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 2$$

用多元统计分析软件 CANOCO 4.5 对苔藓物种和环境因子以及苔藓物种和维管植物进行典范对应分析(CCA)排序。通过CCA分析,比较各种环境因子与不同种类苔藓植物分布的关系,可以得出苔藓植物的分布规律<sup>[5]</sup>。

## 3 研究结果

### 3.1 兴凯湖沼泽地苔藓植物物种多样性

在调查的47个样方中,32个样方分布有苔藓植物共5科、6属、7种(表1),可见兴凯湖沼泽地中苔藓植物分布种类少;从调查来看,粗叶泥炭藓(*Sphagnum squarrosum*)、中位泥炭藓(*S. magellanicum*)分布广、数量大,为优势种,而其他苔藓植物只分布于特定生境中,数量较少。从重要值来看(表1),大于0.05的只有粗叶泥炭藓、中位泥炭藓和大湿原藓(*Calliergonella cuspidata*)。表明兴凯湖沼泽地环境一致性程度高,适合吸水性强的泥炭藓植物的生长,而其他苔藓植物的出现多半在靠近沼泽地边缘浅水区和中部露出水面的小土丘上。

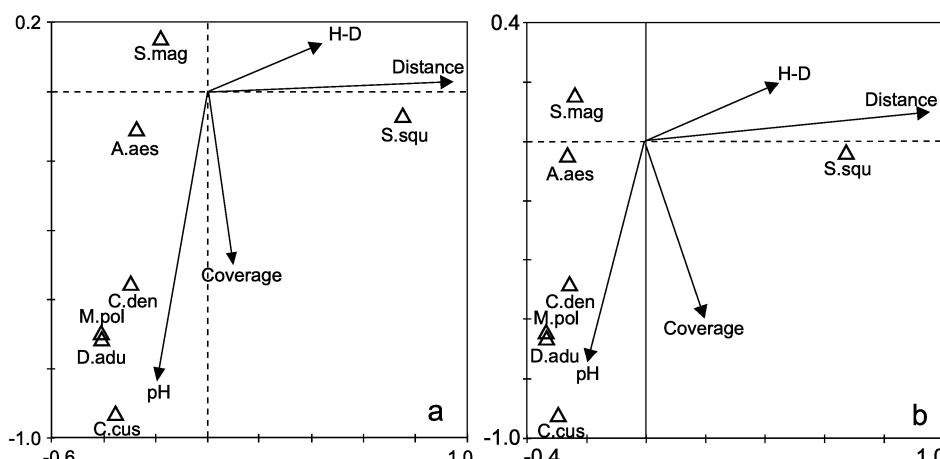
### 3.2 苔藓植物分布与环境因子的关系

应用 CCA 分析苔藓植物分布与环境因子间的关系(图 1:a)以及苔藓植物生物量与环境因子间的关系(图 1:b)。由图 1 可知,粗叶泥炭藓和中位泥炭藓分布均呈现为与距沼泽地边缘距离的正相关关系。在实际调查中,沼泽地边缘水位较低,维管植物物种较为丰富且密集,相对而言,泥炭藓生存空间较小;而越靠近中心,水位埋深越高,维管植物趋于由 1~2 种优势种构成群落,维管植物的株丛间隙较大,

为 2 种泥炭藓生长提供了较大的生存和发展空间;其中,中位泥炭藓能生长于 pH 4.4~6.5 的水环境中,而粗叶泥炭藓则只分布于 pH 5.3 左右的水环境中,大湿原藓、万年藓(*Climacioides*)、地钱(*Marchantia polymorpha*)和镰刀藓(*Drepanocladus aduncus*)则分布在水位埋深较低(<10 cm)、水的 pH 值为 6.3 左右的相似生境中,不受生长沼泽地位点的影响,在排序图中也表现为位置相近;丛本藓(*Anoectangium aestivum*)喜生

表 1 兴凯湖沼泽地苔藓植物种类统计及其重要值  
Table 1 Statistics and importance value of Bryophytes in Xingkai Lake Marshland

编号 No.	科名 Families	物种 Species	属数 Number of genus	占总属数 (%) Percentage	种数 Number of species	占总种数 (%) Percentage	重要值 Importance value
1	泥炭藓科 Sphagnaceae	粗叶泥炭藓 <i>Sphagnum squarrosum</i>	1	16.7	2	28.6	0.3533
		中位泥炭藓 <i>S. magellanicum</i>					0.3007
2	柳叶藓科 Amblystegiaceae	大湿原藓 <i>Calliergonella cuspidata</i>	2	33.3	2	28.6	0.1483
		镰刀藓 <i>Drepanocladus aduncus</i>					0.0015
3	万年藓科 Climaciaceae	万年藓 <i>Climacioides</i>	1	16.7	1	14.3	0.1634
4	地钱科 Marchantiaceae	地钱 <i>Marchantia polymorpha</i>	1	16.7	1	14.3	0.025
5	丛藓科 Pottiaceae	丛本藓 <i>Anoectangium aestivum</i>	1	16.7	1	14.3	0.0076
总计 Total		7	6	100	7	100	1.000



S. squ – 粗叶泥炭藓 *Sphagnum squarrosum*; S. mag – 中位泥炭藓 *S. magellanicum*; C. cus – 大湿原藓 *Calliergonella cuspidata*; C. den – 万年藓 *Climacioides*; M. pol – 地钱 *Marchantia polymorpha*; A. aes – 丛本藓 *Anoectangium aestivum*; D. adu – 镰刀藓 *Drepanocladus aduncus*; pH – 水体酸度 pH of water; H-D – 水位埋深 Depth of water table; Distance – 距沼泽地边缘距离 Distance from sample plot to the edge of marshland; Coverage – 维管植物盖度 Coverage of vascular plant community (下同 The same below)。

图 1 苔藓植物分布 (a) 及生物量 (b) 与环境因子间的 CCA 二维排序图  
Fig. 1 CCA ordination of bryophytes distribution (a) and biomass (b) to environmental factors

于阳光直射、潮湿无水淹没的生境中,在调查中发现其主要生长在沼泽地中裸露的地表或者是明显高出水面的小土丘上,受环境中 pH 值影响也不大,但与维管植物的生长状态有关,维管植物生长越多、越密集,丛本藓就越少。

调查区沼泽地从边缘至中心水位埋深从 0~28 cm,表现为距沼泽地边缘距离与水位埋深之间为显著正相关(表 2),而维管植物种类减少,一些禾草类占据优势,并由根系构筑成密集的垫状,地上部分盖度减少,表现为维管植物盖度与水位埋深之间为显著负相关。

表 2 各环境因子间的相关性

Table 2 Correlation of environmental factors

环境因子 Environmental factors	水体酸碱度 pH	水位埋深 H-D	距沼泽地 边缘的距离 Distance
水位埋深 H-D	-0.0275		
距沼泽地边缘的距离 Distance	-0.1006	0.6707	
维管植物盖度 Coverage	-0.0448	-0.2560	-0.0929

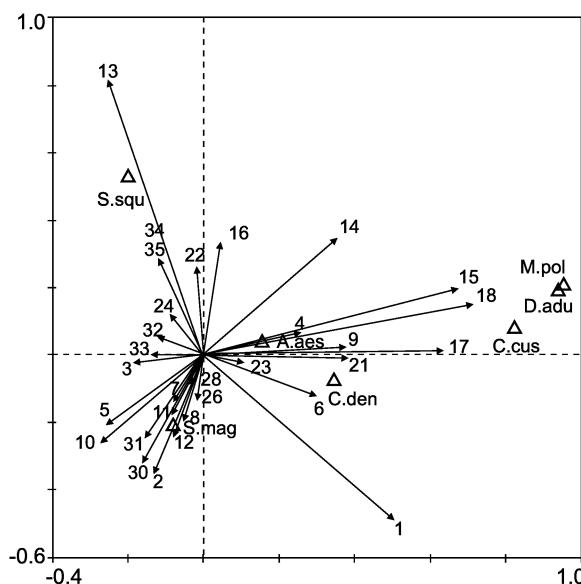
### 3.3 苔藓植物与维管植物的关系

3.3.1 苔藓植物与维管植物物种之间的关系

从调查和 CCA 分析中可以看出(图 2):一些苔藓植物的生长与分布与维管植物具有一定的相关性,即它们往往生长于某些以维管植物优势物种构成的群落中。粗叶泥炭藓多生长于以细叶苔草 (*Carex rigescens*) 为主的群落中,而中位泥炭藓多生长于维管植物种类较多,主要以芦苇 - 小叶章为主的群落中;大湿原藓多出现在以小叶章 - 猪殃殃 (*Galium aparine* var. *tenerum*) 为主的群落中;万年藓则生长于小叶章 - 香蒲 (*Typha orientalis*) 为主的群落中;地钱、镰刀藓多生长于小叶章 - 细叶苔草构成的群落中;有丛本藓出现的生境,小叶章以及一些唇形科和毛茛科植物较多。

### 3.3.2 苔藓植物生物量与维管植物生物量的关系

一般情况下,植物群落中的苔藓植物生物量与维管植物生物量呈负相关<sup>[9]</sup>。在本研究中,从所调查的样方中随机选取 12 个样方,将苔藓植物与维管植物的鲜重进行对比(图 3),结果表明,7 个样方(2、7、10、13、15、19、30)中的苔藓植物生物量与维管植物生物量呈负相关,而其余的样方中则没有呈现此关系。



1 - 小叶章 *Deyeuxia angustifolia*; 2 - 芦苇 *Phragmites australis*; 3 - 睡菜 *Menyanthes trifoliata*; 4 - 小刚毛毛水苏 *Stachys baicalensis* var. *hispidula*; 5 - 越桔柳 *Salix myrtilloides*; 6 - 地耳草 *Hypericum japonicum*; 7 - 沼泽蕨 *Thelypteris palustris*; 8 - 细叶毒芹 *Cicuta virosa* var. *tenuifolia*; 9 - 猪殃殃 *Galium aparine* var. *tenerum*; 10 - 鸢尾 *Iris tectorum*; 11 - 地榆 *Sanguisorba officinalis*; 12 - 蒿柳 *Salix viminalis*; 13 - 细叶苔草 *Carex rigescens*; 14 - 木贼 *Equisetum hyemale*; 15 - 草乌 *Aconitum kusnezoffii*; 16 - 薄荷 *Mentha haplocalyx*; 17 - 光华柳叶菜 *Epilobium cephalostigma*; 18 - 野大豆 *Glycine soja*; 19 - 萋草 *Arthraxon hispidus*; 20 - 细梗石头花 *Gypsophila pacifica*; 21 - 委陵菜 *Potentilla chinensis*; 22 - 狹苞橐吾 *Ligularia intermedia*; 23 - 香蒲 *Typha orientalis*; 24 - 长戟叶蓼 *Polygonum maackianum*; 25 - 萍 *Zizania latifolia*; 26 - 水莎草 *Juncellus serotinus*; 27 - 野慈姑 *Sagittaria trifolia*; 28 - 阔叶柳 *Salix babylonica*; 29 - 雨久花 *Monochoria korsakowii*; 30 - 泽泻 *Alisma Plantago-aquatica*; 31 - 绣线菊 *Spiraea salicifolia*; 32 - 乌苏里谷精草 *Eriocaulon ussurinense*; 33 - 茅膏菜 *Drosera peltata* var. *multisepala*; 34 - 柳叶鬼针草 *Bidens cernua*; 35 - 并头黄芩 *Scutellaria scordifolia*。

图 2 苔藓植物分布与维管植物的 CCA 二维排序图

Fig. 2 CCA ordination of bryophytes distribution to vascular plants

## 4 讨论

### 4.1 苔藓植物分布与环境因子的关系

苔藓植物的分布与大尺度的气候条件有着密切关系,同时也与生境密不可分。兴凯湖沼泽地位于兴凯湖湿地自然保护区的核心区,从沼泽地边缘至中心基本为水所覆盖,仅有少部分地方有近裸露的潮湿土壤,表现为由水因子构成的相对一致的环境,为此,苔藓植物种类较少,只有 5 科、6 属、7 种。其中,适合于水生环境中生长的粗叶泥炭藓、中位泥炭藓分布最为广泛,而其他种类只分布于浅水或无水覆盖的生境内。

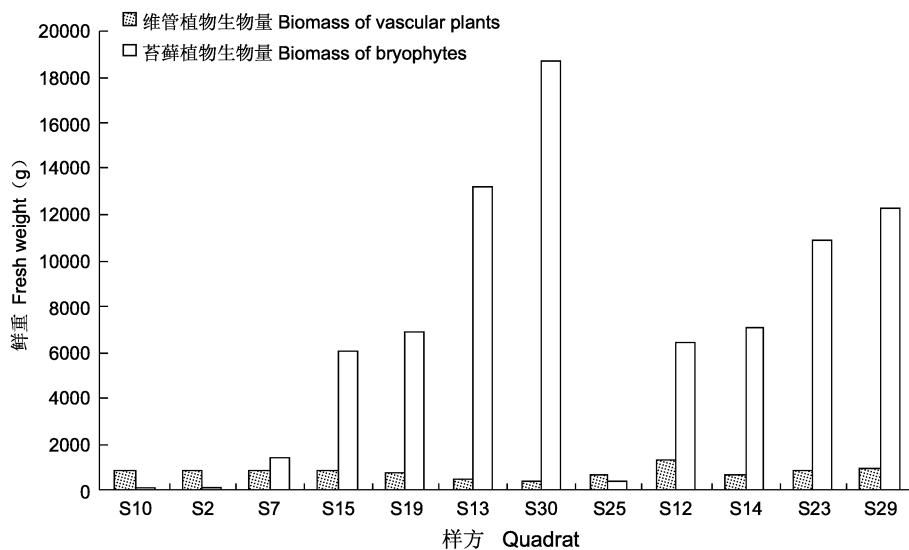


图 3 苔藓植物生物量与维管植物生物量的关系  
Fig. 3 Biomass relationships between bryophytes and vascular plants

在调查中,各区域内水的 pH 值不尽相同,变化范围从 4.4 ~ 6.5。在本研究区的 7 种苔藓植物中,只有中位泥炭藓具有在所有梯度的 pH 环境中都能很好生长的特点,也能见于各个水位的环境中,而其他一些物种仅局限于某些 pH 环境中。其中,粗叶泥炭藓更适合于深水位 ( $>20$  cm) 的环境中,在本研究区中其分布于距沼泽地边缘 110 m 以上的中心区域,而其他苔藓物种则主要分布于水位低于 10 cm 的近于边缘或中心抬升的环境中。这说明苔藓植物的分布与其自身生物学特性有关,同时又与生境条件有关。有研究表明<sup>[8]</sup>,沼泽地环境中水的 pH 值主要与苔藓离子交换能力有关,是影响泥炭藓分布的主要环境因子。

尽管本研究结果分析中显示苔藓分布与距沼泽地边缘距离呈显著正相关,作者认为这种相关性的产生主要是受水位埋深和 pH 值等生境因子影响造成的。

#### 4.2 苔藓植物分布与维管植物的关系

芦苇、小叶章、细叶苔草是兴凯湖沼泽地中的主要维管植物,它们往往相互或与其他植物在沼泽地中构成相对成片的群落。本研究区的苔藓植物是植物群落组成成分之一,甚至是极为重要的成分,如粗叶泥炭藓生长于细叶苔草为主的群落中,而中位泥炭藓分布广泛,往往是芦苇 - 小叶章群落的构成部分。这 2 种泥炭藓在群落中有着重

要地位,它们在维管植物基部及其空隙中密集生长,且在泥炭藓密集生长之处,呈现维管植物少甚至没有的现象,这种泥炭藓与维管植物的关系有待进一步研究。

调查中发现,粗叶泥炭藓或中位泥炭藓往往在维管植物的基部及其空隙中构成密集的垫状,其大量繁殖必然影响到维管植物的生长;而以丛本藓为主的苔藓植物群落,因丛本藓生长于高于水面的潮湿土壤上,维管植物生长越密集,丛本藓就越少。这些结果与前人的研究结果是一致的。但本研究中也发现苔藓植物生物量与维管植物生物量无关的一些类型,它们主要是一些在样方中分布少、多生长于空隙处的苔藓植物种类。我们从不同的调查地点中发现,研究区的维管植物群落基本稳定,而苔藓植物群落形成前期因物种更替和竞争之故使得苔藓植物与维管植物或群落间的关系不稳定,苔藓植物与维管植物之间的生物量变化没有规律性。一旦苔藓植物物种稳定并生长达到一定阈值,则将形成与维管植物在生长上的竞争关系,表现为苔藓植物生物量与维管植物生物量呈负相关。

**致谢:** 感谢北大荒股份有限公司兴凯湖分公司魏玉田副总经理、兴凯湖农场科技科张海波科长、研发中心科研站张林站长及所有科研站工作人员,对我们的野外工作给予的极大帮助;感谢中国农业大学生物学院李寿乔教授帮助鉴定部分植物标本。

**参考文献:**

- [ 1 ] 吴玉环,程国栋,高谦.苔藓植物的生态功能及在植被恢复与重建中的作用 [ J ]. 中国沙漠, 2003, 23(3): 215–220.
- [ 2 ] 周进,Tachibana H,李伟,刘贵华.受损湿地植被的恢复与重建研究进展 [ J ]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 561–572.
- [ 3 ] Lang S I,Cornelissen J H C,Hölzer A,Braak C J Ft,Ahrens M,Callaghan T V,Aerts R. Determinants of cryptogam composition and diversity in *Sphagnum* dominated peatlands: the importance of temporal, spatial and functional scales [ J ]. *J Ecol*, 2009, 97: 299–310.
- [ 4 ] Gignac L D, Halsey L A, Vitt D H. A bioclimatic model for the distribution of *Sphagnum*-dominated peatlands in North America under present climatic conditions [ J ]. *J Biogeogr*, 2000, 27: 1139–1151.
- [ 5 ] Lachance, Daniel, Lavoie, Claude. Vegetation of *Sphagnum* bogs in highly disturbed landscapes: relative influence of abiotic and anthropogenic factors [ J ]. *Appl Veg Sci*, 2004, 7: 183–192.
- [ 6 ] Gignac L D,Vitt D H. Habitat limitations of *Sphagnum* along climatic, chemical, and physical gradients in mires of Western Canada [ J ]. *Bryologist*, 1990, 93(1): 7–22.
- [ 7 ] Vitt D H,Chee W L. Relationships of the vascular plant and bryophyte components of fen vegetation to surface water chemistry and peat chemistry of fens in Alberta, Canada [ J ]. *Vegetatio*, 1989, 92: 87–106.
- [ 8 ] 陈旭,卜兆君,王升忠,李鸿凯,姜丽红.长白山哈泥泥炭地7种苔藓分布与环境关系研究 [ J ]. 湿地科学, 2008, 6(2): 310–315.
- [ 9 ] Virtanen R,Johnston A E,Crawley M J,Edwards G R. Bryophyte biomass and species richness on the Park Grass Experiment, Rothamsted, UK [ J ]. *Plant Ecol*, 2000, 151: 129–141.
- [ 10 ] 曹同,高谦,付星.长白山森林生态系统中苔藓植物的生物量 [ J ]. 生态学报, 1995, 15: 68–74.
- [ 11 ] 叶吉,郝占庆,戴冠华.长白山暗针叶林苔藓植物生物量的研究 [ J ]. 应用生态学报, 2004, 15(5): 737–740.
- [ 12 ] 于丹,杨国亭,刘丽华.小兴凯湖的水生植被及其生态作用 [ J ]. 水生生物学报, 1992, 16(1): 24–32.
- [ 13 ] 栾晓峰,李朝辉,赵和生,武庭华.兴凯湖国家级自然保护区保护现状 [ J ]. 动物学杂志, 1999, 33(4): 26–28.
- [ 14 ] 白学良,赵连梅,孙维,孙卫国.贺兰山苔藓植物物种多样性、生物量及生态学作用的研究 [ J ]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1998, 29(1): 118–124.

(责任编辑: 王豫鄂)