

英国英格兰西北部和威尔士北部岩溶地区钙华苔藓植物群落研究

张朝晖¹, 艾伦·培特客斯²

(1. 贵州师范大学生物科学技术系, 贵州贵阳 550001; 2. 英国伦敦帝王大学生命科学部, 伦敦 SE1 8WA)

摘要: 报道了英国英格兰西北部和威尔士北部共6个岩溶沉积地点苔藓植物群落的研究结果。记载典型钙华苔藓群落10个, 苔藓种类9科12属14种(含变种); 区系地理成分含北温带分布(64.3%)、温带欧洲分布(14.3%)和世界广泛分布(21.4%)3种类型; 生活型含高丛集型(7.1%)、垫状矮丛集型(42.9%)、交织型(35.8%)和平埔型(14.2%)4种。根据岩溶沉积环境特征, 划分该地区苔藓群落为: 泉华苔藓群落、瀑华苔藓群落、洞穴钙华苔藓群落、峭壁钙华苔藓群落和溪流钙华苔藓群落等5种生态类型。研究地点现代苔藓植物群落钙华沉积作用十分活跃。

关键词: 苔藓植物群落; 钙华; 英格兰西北部和威尔士北部

中图分类号: Q948.15 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)01-0045-05

The bryophyte communities associated with travertine deposition in Northwestern England and North Wales, U. K.

ZHANG Zhao-hui¹, ALLAN Pente-cost²

(1. Department of Biological Science and Biotechnology, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. Division of Life Sciences, King's College London, London SE1 8WA.)

Abstract: Based on 78 specimens and samples collected from six active travertine sites in Northwestern England and North Wales, U. K., the present paper recorded 10 typical travertine bryophyte communities. The bryoflora of travertine consists of 14 taxa in 12 genera and 9 families. The phyogeographical elements of the bryoflora include north temperate(64.3%), european temperate(14.3%)and cosmopolitans(21.4%). The life-forms are tall turfs(7.1%), cushion-short turfs(42.9%), mats(14.2%)and wefts(35.8%). Five ecological types of the communities can be distinguished: bryophyte communities on spring tufa; bryophyte communities on waterfall tufa; bryophyte communities on cave tufa; bryophyte communities on tufa under cliff and bryophyte communities on stream tufa. The travertine formation associated with bryophyte communities is very active at these research sites.

Key words: bryophyte communities; travertine; Northwestern England and North Wales

收稿日期: 2001-02-20

作者简介: 张朝晖(1963-), 男, 贵州人, 硕士, 副教授, 主要从事植物学教学科研工作。

基金项目: 国家自然科学基金(No. 39960009; No. 39810130532); 国家留学基金(No. 99852026); 英国皇家学会(The Royal Society BP Amoco Research Fellowship)联合资助项目部分成果。

钙华(travertine),或称石灰华(Tufa),是指岩溶地区从泉水、溪流、河水、洞口和湖泊中沉积出的多孔的生物成因的淡水碳酸钙。目前所知,生物成因的钙华广泛分布在世界范围内的中、低纬度地区,如美国、英国、意大利、南斯拉夫、土耳其、印度和澳大利亚等^[1]。研究钙华生物,对研究喀斯特地区第四纪生物区系历史、地质和环境变迁具有重要的意义^[2,3]。

苔藓植物中有一类岩溶水生或亚水生生态群落类型,它们为淡水碳酸钙的沉积提供了基本格架,形成了一类苔藓植物成因的生物钙华^[4-6]。本文主要根据1998年10月中英作者合作对英国英格兰(England)西北部和威尔士(Wales)北部岩溶地区野外考察资料,探讨钙华苔藓植物群落特征,以期中英钙华苔藓植物区系、生态、化石记录和沉积环境的进一步比较研究提供基本的数据和资料。

表1 英国英格兰西北部和威尔士北部苔藓植物钙华沉积区野外研究地点

Table 1 Fieldwork sites of bryophyte associated with travertine formation in Northwest England and North Wales, UK.

项目 Items	郡 Province	区 District	调查地点及地理坐标 Investigated sites	苔藓钙华类型 Travertine type	海拔 Altitude(m)	调查时间 Investigated time
英格兰 England	德贝郡 Derbyshire	马洛客 Matlock	都丝莱森林 Dunsleif forest (53°09' N, 1°32' W)	岩溶山原森林下,溪流钙华 Stream travertine	230	1998-11-01 ~11-02
			比尔温花园瀑布 Berwent Gardens Cascade(53°07' N, 1°34' W)	温泉华(T=20 °C),洞穴钙 华 Cave travertine	110	
			温泉瀑布 Warmspring Wa- terfall(53°07' N, 1°34' W)	温泉瀑布华(T=20 °C) Warm spring travertine	105	
威尔士 Wales	克卢伊德郡 Clwyd	第西丝 Dyserth	第西丝瀑布 Dyserth Water- fall(53°03' N, 3°28' W)	瀑布钙华 Warmspring wa- terfall travertine	37	1998-10-30 ~10-31
			班戈尔海岸线 The coast line(53°18' N, 4°04' W)	泉华,跌水钙华 Spring travertine or dam travertine	1~4	
			内恩泊丝 Nantporth(53°18' N, 4°04' W)	岩溶峭壁钙华 Cliff traver- tine	15~20	

戈尔(Bangor)则是英国最具代表性的滨海钙华沉积区域之一^[7,8]。

1.2 研究方法

1.2.1 野外工作 (1)选点:以英国英格兰西北部和威尔士北部岩溶沉积较典型的区域为代表,选择该区苔藓植物钙华沉积作用最典型的6个点作野外研究地点。其中,英格兰西北部德贝郡(Derbyshire)含3个点:都丝莱森林(Dunsleif forest)、比尔温花园瀑布(Berwent Gardens Cascade)和温泉瀑布(Warm-spring Waterfall)。威尔士圭内斯郡(Gwynedd)含2个点:班戈尔海岸线(The coast line)和内恩泊丝(Nantporth);克卢伊德郡(Glwyd)含1个点第西丝

1 研究地点自然地理概况及研究方法

1.1 自然地理概况

研究区位于英国西北部,范围包括英格兰西北部的德贝郡(Derbyshire)和威尔士北部的圭内斯郡(Gwynedd)与克卢伊德郡(Glwyd),地理坐标大约53°04'~53°18' N,1°32'~4°04' W之间。研究区气候为典型的温带海洋性阔叶林气候,1月温度3.5~5 °C,7月温度15~16 °C,年均温度10 °C;相对湿度75%;年均降水量732~1 600 mm^[7]。考察区内露出的碳酸岩主要是石炭纪石灰岩(Carboniferous Limestone),常见岩溶地貌类型有浅谷、陡崖、冰川谷、瀑布、喀斯特泉、洞穴和岩溶山原等^[8]。其中马洛克(Matlock)是英国面积最大的温泉钙华沉积区域,班

瀑布(Dyserth Waterfall)。研究地点基本情况见表1。

(2)取样:在上述6个研究地点,采用10 cm×10 cm金属方框,取钙华苔藓植物群落样方78个,野外观察并记载苔藓形态,钙华和环境特征。(3)野外工作时间:1998-10-30~10-31(威尔士北部)和1998-11-01~11-02(英格兰西北部)。

1.2.2 室内工作 (1)标本鉴定:在伦敦帝王学院艾伦实验室和英国自然历史博物馆隐花植物标本室,借助英国现代分类工具书,利用光学显微镜,实体解剖镜分析并鉴定苔藓植物标本。(2)群落研究:群落概念参考陈邦杰^[9]和Longton, RE^[10]对苔藓群落的命名原则;生活型(Life-form)参考Magdefrau^[11]

的概念和分类系统;植物区系参考 Schuster, R.M.^[12] 和 Tan, B.C. & Pocs, T.^[13] 等对世界苔藓分区标准。

2 钙华苔藓植物群落特征

2.1 种类组成

根据我们室内研究结果,调查区含有钙华苔藓植物 9 科 12 属 14 种(表 2),约占英国已报道钙华苔藓植物种类的 70%^[1,3,14]。其中陀螺状无褶苔(*Leiocolea turbinata* (Raddi) Buch) (新拟名),淡绿凤尾藓(*Fissidens viridulus* (Sw.) Wahlenb.) (新拟名),石韦美喙藓(*Eurhynchium swartzii* (Turn.) Curn.) (新拟名)和长叶牛角藓淡绿变种(*Cratoneuron commutatum* (Hedw.) Roth var. *virescens* (Schimp.)

Richs. & Wall.) (新拟名)为英国钙华苔藓植物区系新记录种。

在上述 14 种苔藓植物中,经我们野外观察,本地区典型和主要的沉积钙华的苔藓植物种类包括 8 种,它们成为了本区域较大规模淡水碳酸钙的主要沉积者。这些苔藓有:绿片苔(*Aneura pinguis* (L.) Dum.),灰土扭口藓(*Barbula tophacea* (Brid.) Mitt.),艳枝藓(*Eucladium verticillatum* (With.) B. S. G.),钩喙净口藓(*Gymnostomum recurvirostrum* Hedw.),铜绿净口藓(*G. aeruginosum* Sm.),溪边长喙藓(新拟名)(*Rhynchostegium riparioides* (Hedw.) Roth),长叶牛角藓(*Cratoneuron commutatum* (Hedw.) Roth) 和牛角藓(*C. filicinum* (Hedw.) Spruce) 等。

表 2 英国英格兰西北部和威尔士北部钙华苔藓种类组成

Table 2 Bryophyte recorded from active travertine sites in Northwest England and North Wales, U. K.

科名 Family	属名 Genus	种名 Species
裂叶苔科 Lophoziaceae	无褶苔属 <i>Leiocolea</i>	陀螺状无褶苔(新拟名) <i>L. turbinata</i> (Raddi) Buch
溪苔科 Pelliaaceae	溪苔属 <i>Pellia</i>	花叶溪苔 <i>P. endroifolia</i> (Dicks.) Dum.
绿片苔科 Aneuraceae	绿片苔属 <i>Aneura</i>	绿片苔 <i>A. pinguis</i> (L.) Dum.
蛇苔科 Conocephalaceae	蛇苔属 <i>Conocephalum</i>	蛇苔 <i>C. conicum</i> (L.) Dum.
地钱科 Marchantiaceae	背托苔属 <i>Pressia</i>	背托苔 <i>P. quadrata</i> (Scop.) Nees
凤尾藓科 Fissidentaceae	凤尾藓属 <i>Fissidens</i>	淡绿凤尾藓(新拟名) <i>F. viridulus</i> (Sw.) Wahlenb.
丛藓科 Pottiaceae	扭口藓属 <i>Barbula</i> 艳枝藓属 <i>Eucladium</i> 净口藓属 <i>Gymnostomum</i>	灰土扭口藓 <i>B. tophacea</i> (Brid.) Mitt. 艳枝藓 <i>E. verticillatum</i> (With.) B. S. G. 钩喙净口藓 <i>G. recurvirostrum</i> Hedw.
青藓科 Brachytheciaceae	美喙藓属 <i>Eurhynchium</i> 长喙藓属 <i>Rhynchostegium</i>	石韦美喙藓 <i>E. swartzii</i> (Turn.) Curn. 溪边长喙藓(新拟名) <i>R. riparioides</i> (Hedw.) C. Jens
柳叶藓科 Amblystegiaceae	牛角藓属 <i>Cratoneuron</i>	长叶牛角藓 <i>C. commutatum</i> (Hedw.) Roth 长叶牛角藓淡绿变种(新拟名) <i>C. commutatum</i> var. <i>virescens</i> (Schimp.) Richs & Wall. 牛角藓 <i>C. filicinum</i> (Hedw.) Spruce
合计 Total: 9 科	12 属	14 种

2.2 区系成分

根据世界苔藓分区的一般概念^[12,13]和史密斯^[15,16]对英国苔藓植物地理分布所作记载,组成东英格兰和威尔士约克郡国家公园钙华群落的苔藓种类区系地理成分有 3 种,即温带欧洲分布种(European temperate),北温带分布种(North temperature)和世界广泛分布种(Cosmopolitan)3 种类型。其中北温带分布种有 9 种,占总数的 64.3%,如艳枝藓,灰土扭口藓和牛角藓等;温带欧洲分布种有 2 种,占总数的 14.3%,即陀螺状无褶苔和长叶牛角藓淡绿变种;世界广布种有 3 种,占总数的 21.4%,它们是牛角藓,绿片苔,和钩喙净口藓等。

2.3 生活型(Life-form)

生活型是苔藓植物生长型、群集方式及其对外

界环境的长期综合反映。通过苔藓植物生活型的分析,可以揭示环境的一般特征^[11]。东英格兰和威尔士钙华苔藓植物生活型,可划分为 4 种基本类型:高丛集型(Tall turfs),1 种,占总数的 7.1%,即淡绿凤尾藓;垫状矮丛集型(Cusion-short turfs),6 种,占总数的 42.9%,它们是绿片苔、背托苔、陀螺状无褶苔、灰土扭口藓、钩喙净口藓、艳枝藓等;平铺型(Mats),2 种,占总数的 14.2%,即花叶溪苔和蛇苔;交织型(Wefts),5 种,占总数的 35.8%,它们是溪边长喙藓、石韦美喙藓、长叶牛角藓、长叶牛角藓淡绿变种和牛角藓等。

由于苔藓钙华沉积地点一般为瀑布、洞穴洞口、溪流边缘和喀斯特泉等环境,生境具有潮湿或周期性水淹的特征,故垫状矮丛集型和交织型占优

势(78.7%)。

3 群落类型及生态分布

表 3 归纳给出了东英格兰和威尔士岩溶地区的典型钙华苔藓群落 10 个,这些群落在温泉、瀑布、海滨和岩溶森林等不同岩溶生境中大量沉积淡水碳酸钙,形成了各种大小形态各异的岩溶沉积物。

根据苔藓植物沉积环境特征,可把东英格兰和威尔士苔藓植物群落划分为如下 5 种基本生态群落类型:

表 3 英国英格兰西北部和威尔士北部主要钙华苔藓群落及其分布环境
Table 3 The main type and distribution of travertine-bryophyte communities in Northwest England and North Wales, U. K.

群落类型 Type	群落名称 Name	群落种类组成 Consist of species	生境及钙华形态 Habit and travertine shape	海拔(m) Altitude	分布地点 Sites
泉华苔藓群落 Spring travertine communities	牛角藓群落 <i>Cratoneurum</i>	优: <i>Cratoneuron filicinum</i> ; 伴: <i>Aneuron pinguis</i> + <i>Presia aquadrata</i>	温泉泉口(T=20 °C), 泉华近长方形, 长 6 m, 高 3.5 m, 厚 40 cm	142	马洛克 Matlock
	艳枝藓群落 <i>Eucladietum</i>	<i>Eucladium verticillatum</i>	海岸林下石灰岩泉华, 厚垫状, 长 3 m, 宽 1.5 m, 厚 40 cm	3.5	班戈尔 Bangor
	长叶牛角藓群落 <i>Cratoneurum</i>	<i>Cratoneuron commutatum</i>	海岸林下石灰岩泉华, 不规则长条状, 长 6 m, 宽 1.5 m, 厚 30 cm	3.5	班戈尔 Bangor
瀑布苔藓群落 Waterfall travertine communities	蛇苔群落 <i>Conocephalum</i>	优: <i>Conocephalum conicum</i> ; 伴: <i>Fissidens viridulus</i> + <i>Eurhynchium swartzii</i>	瀑布高 12 m, 宽 2 m, 距瀑布脚 4.5 m 处溅华	37	第西丝瀑布 Dyserth waterfall
	扭口藓—艳枝藓群落 <i>Barbulot-Eucladietum</i>	<i>Barbula tophacea</i> + <i>Eucladium verticillatum</i>	河边温泉瀑布钙华(T=20 °C), 钙华瀑布高 10 m, 宽 1.2 m	115	马洛克温泉瀑布 Warmspring Waterfall at Matlock
洞穴钙华苔藓群落 Cave travertine communities	艳枝藓群落 <i>Eucladietum</i>	优: <i>Eucladium verticillatum</i> ; 伴: <i>Cratoneuron filicinum</i>	温泉钙华洞穴深 0.25 m 处, 钟乳石	143	马洛克 Matlock
峭壁钙华苔藓群落 Cliff travertine communities	艳枝藓—无褶苔群落 <i>Eucladio-Leiocoletum</i>	<i>Eucladium verticillatum</i> + <i>Leiocolea turbirata</i>	森林中 7 m 高峭壁下钙华堆集, 长厚垫状, 长 2 m, 宽 0.5 m, 厚 1 m	18	内恩泊丝 Nantporth
	净口藓群落 <i>Gymnostometum</i>	<i>Gymnostomum recurvirostrum</i>	森林中 8 m 高峭壁下钙华堆集, 厚垫状, 长 1.2 m, 宽 0.8 m, 厚 0.6 m	15	内恩泊丝 Nantporth
溪流苔藓群落 Stream travertine communities	绿片苔—牛角藓群落 <i>Aneuro-Cratoneurum</i>	<i>Aneuron pinguis</i> + <i>Cratoneuron commutatum</i>	山林下高速溪流, 沿流水边缘钙华沉积, 约 250 m 长范围	227	都丝莱森林 Dunsleef forest
	长叶牛角藓淡绿变种群落 <i>Cratoneurum</i>	<i>Cratoneuron commutatum</i> var. <i>virescens</i>	山林下高速溪流, 沿流水下 20 ~ 40 cm 钙华沉积	225	都丝莱森林 Dunsleef forest

注: 优=优势种 Dominant species; 伴=伴生种 Associated species.

3.2 洞穴钙华苔藓群落

指分布在洞穴洞口可见光地带沉积淡水碳酸钙的苔藓植物群落。洞穴苔藓钙华形态包括洞穴钟乳石, 石笋, 向光石鳞片 and 一般钙华沉积堆集物等。

考察中所见唯一有钙华苔藓分布的洞穴位于马洛克附近, 洞穴发育在一较厚温泉钙华沉积石腹

3.1 溪流钙华苔藓群落

指在岩溶山原林下溪流环境中沉积淡水碳酸钙的苔藓植物群落。溪流钙华沉积主要集中在边缘地带, 少量沉积于水底部。

考察中所见溪流钙华苔藓群落位于德贝郡马洛克区的都丝莱森林中, 溪流自相对高差约 180 ~ 200 m 的山中流下, 钙华沉积主要发生在溪流边缘及底部。这种生境中有 3 种苔藓植物生长, 主要的群落有绿片苔—牛角藓群落(*Aneuro-Cratoneurum*), 长叶牛角藓淡绿变种群落(*Cratoneurum*)。

部, 海拔 118 m。洞深约 1.4 m, 苔藓在洞口顶部形成钟乳石, 该洞有 2 种苔藓生长, 主要的群落有艳枝藓群落(*Eucladietum*)。

3.3 瀑布钙华苔藓群落

指分布在瀑布正中钙华壁, 边缘钙华壁, 瀑布落地处周围溅华地带沉积淡水碳酸钙的苔藓植物

群落。形态上这类钙华沉积可发展成巨大的钙华瀑布。

瀑布或跌水钙华苔藓群落在东英格兰和威尔士都有分布,考察中所见包括第西丝瀑布,马洛客温泉瀑布和班戈尔海岸线瀑布 3 座,共有苔藓植物 6 种。在这种高速流水生境中,常见的群落有扭口藓—艳枝藓群落 (*Barbulo-Eucladietum*) 和蛇苔 (*Conocephaletum*) 群落。

3.4 峭壁钙华苔藓群落

指分布在近垂直峭壁上下沉积淡水碳酸钙的苔藓植物群落。形态上这类沉积物包括地表峭壁钟乳石和地面钙华堆积物。

考察中所见这类群落分布在威尔士内恩泊丝林区,在海岸线森林下沿 6~15 m 高的石灰岩峭壁基部堆集的地表钙华。这种沉积常呈半球形厚垫状,沉积水源主要来自断层浸水或季节性瀑布。这种生境中最常见的钙华苔藓植物群落是净口藓群落 (*Gymnostometum*) 和艳枝藓群落 (*Eucladietum*)。

3.5 泉华苔藓群落

指分布在岩溶地区常温或温泉泉口及其附近沉积淡水碳酸钙的苔藓植物群落。形态上这类钙华沉积可发展成大规模泉华沉积区。

泉华苔藓群落在考察区有较广泛的分布,在班戈尔海岸线和马洛客镇 (Matlock town) 附近均可见许多沉积地点。在马洛客钙华沉积区,分布着许许多多低温温泉,温度约 20 °C 左右;苔藓植物在这种生境中活跃地参与石灰华沉积过程,形成许多半球状,园柱状和不规则厚垫状淡水碳酸钙沉积物,成为当地的一大自然景观。这种生境常见钙华苔藓群落有牛角藓群落 (*Cratoneuretum*)、绿片苔 (*Aneuretum*) 群落和艳枝藓群落 (*Eucladietum*) 等。

在英工作期间,承蒙英国自然历史博物馆 (The Natural History Museum) 隐花植物标本室, Le Ellis 博士, Alan Harrington 博士和 Angeca E. Newton 博士, 里丁大学 (University of Reading) R. E. Longton 博士及帝王大学 (King's College London) 艾伦实验室有关工作人员提供资料及标本查阅等友好帮助。作者在此一并致谢。

参考文献:

- [1] Pentecost A. The Quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor [J]. *Quaternary Sciences*, 1995, 14: 1005—1028.
- [2] Magdefrau K. Palaobiologie der Pflanzen [M]. Jena, 1956.
- [3] Pentecost A. Some observations on the growth rates of mosses associated with tufa and the interpretation of some postglacial bryoliths [J]. *J. Bryol.*, 1987, 14: 543—550.
- [4] Emig W H. Moss as rock builders [J]. *Bryologist*, 1918, 21: 55—59.
- [5] Parihar N S, Pant G. Bryophyte as rock builders (I)—Bryophyte communities associated with travertine formation at Sahasradhara, Debra Dun [M]. In: Nautiyal D. D. (ed.); *Studies on Living and Fossil Plants. Phyta.*, 1982. 277—295.
- [6] Zhang ZH. A. preliminary taxonomical study on tufa-bryophytes in Guizhou, S. W. China [C]. *CHENIA*, 1998, 5: 173—176.
- [7] Goudie AS, Brunsten. The environment of the British Isles, an atlas [M]. Oxford University Press, 1994.
- [8] Pentecost A. British travertines, a review [J]. *Proceedings of the Geologist's Association*, 1993, 104: 23—39.
- [9] 陈邦杰. 中国苔藓植物生态群落和地理分布初步报告 [J]. *植物分类学报*, 1958, 7(4): 270—293.
- [10] Longton RE. Vegetation ecology and Classification in the maritime Antarctic zone [J]. *Canadian Journal of Botany*, 1979, 57: 2264—2278.
- [11] Magdefrau K. Life-forms of Bryophytes [M]. In: *Bryophyte Ecology*, Chapman and Hall, 1982. 45—58.
- [12] Schuster RM. Phytogeography of the bryologyta. In RM Schuster (ed.) *New Manual of Bryology* [M]. The Hattori Bot. Lab. Nichinan, Japan. 1984. II: 463—620.
- [13] Tan B C, Pocs T. Bryogeography and conservation of bryophytes. In Shaw AJ & Bernard, G (eds.); *Bryophyte Biology* [M]. Cambridge University Press, 2000. 403—448.
- [14] Pentecost A. Travertine: life inside the rock [J]. *Biologist*, 1992, 39: 161—164.
- [15] Smith AJE. The moss flora of Britain & Ireland [M]. Cambridge University Press, Cambridge, 1978.
- [16] Smith AJE. The liverworts of Britain & Ireland [M]. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.