

# 缙云山国家级自然保护区不同生境下苔藓植物持水能力研究\*

刘艳, 乔光军

(重庆师范大学 生命科学学院, 重庆 401331)

**摘要:**苔藓植物作为森林生态系统的重要组成部分,具有很强的持水能力,发挥着重要的生态功能。然而,不同生境下苔藓植物的持水能力研究报道较少。选取重庆市缙云山国家级自然保护区石生、土生、树生3种不同生境下苔藓植物优势种共7种,采用室内浸泡法,定量评价它们的最大持水能力并揭示持水量随时间的变化规律。研究结果显示,7种苔藓植物能够吸收自身质量5.45~16.35倍的水分,最大持水量为8.92~27.18 t·hm<sup>-2</sup>;其中桧叶白发藓(*Leucobryum juniperoideum*)在3种不同生境下的最大持水率和最大持水量均比相同生境下的其他群落优势种高。石生生境下3种优势种的平均最大持水量高于土生和树生生境下的优势种平均最大持水量。持水量随着浸泡时间的增加而增加,在浸泡30 min内持水量增长最快,浸泡8 h后接近饱和,符合 $y=k \ln x+p$ 的关系式。研究结果可为重庆市缙云山国家自然保护区苔藓植物多样性保护和苔藓植物水文功能研究提供了科学依据。

**关键词:**苔藓植物;持水能力;缙云山;重庆;桧叶白发藓

**中图分类号:**Q949.35<sup>+</sup>2;S715

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2016)04-0150-04

苔藓植物是森林生态系统的重要组成部分,常常形成厚达10 cm的苔藓地被层,在CO<sub>2</sub>固定、水土保持、涵养水源、营养物质的循环与贮存、森林更新等方面发挥着重要的生态功能<sup>[1]</sup>。苔藓植物是变水植物,能够根据环境湿度和水分情况迅速改变自身含水量,能够吸收本身干质量几倍甚至十几倍的水分,具有很强的持水、保水能力<sup>[2]</sup>。目前对苔藓植物持水能力的研究主要集中在不同区域、不同植被类型的林下地表苔藓层<sup>[2-9]</sup>,而鲜有关注不同生境下苔藓植物的持水能力研究<sup>[2]</sup>。

苔藓植物通过孢子传播,能在土壤、岩石、树木、腐木、水中,甚至叶片等多种不同生境基质上生长繁殖。本研究在样方调查基础上<sup>[10]</sup>,选取重庆市缙云山国家级自然保护区石生、土生和树生共3种不同生境下7种苔藓植物优势种,采用室内浸泡法,定量评价它们的最大持水能力,揭示持水量随时间的变化规律,以期为该地区生态环境保护和植物水文功能研究提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

重庆市缙云山国家级自然保护区位于重庆市北碚区、沙坪坝区、璧山县境内(东经106°17'~106°24',北纬29°41'~29°52'),海拔200~952.5 m,面积7 600 hm<sup>2</sup>,为华莹山腹式背斜山脉分支的一段,土壤主要是酸性黄壤及水稻土。该地区属亚热带季风湿润性气候,年均气温13.6℃,年均降水量1 611.8 mm,年均相对湿度87%,年均日照1 293.9 h,是长江中上游地区典型的亚热带常绿阔叶林区和植物种基因库<sup>[11]</sup>。

### 1.2 苔藓植物样品采集

2015年6月在研究区内,采集不同海拔区间、3种不同生境下(即石生、土生和树生)的优势苔藓植物(表1),包括桧叶白发藓(*Leucobryum juniperoideum*)、东亚小锦藓(*Brotherella fauriei*)、东亚金灰藓(*Pylaisiella brotheri*)、直叶棉藓(*Plagiothecium euryphyllum*)、灰羽藓(*Thuidium pristocalyx*)、东亚拟鳞叶藓(*Pseudotaxiphyllum pohliaecarpum*)、东亚小金发藓(*Pogonatum inflexum*)共7种。同一苔藓植物采集20 cm×20 cm样方。

\* 收稿日期:2016-03-09 修回日期:2016-05-27 网络出版时间:2016-07-07 16:33

资助项目:国家自然科学基金(No. 31300173)

作者简介:刘艳,女,副教授,博士,研究方向为苔藓植物学,E-mail: tracy-moss@hotmail.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20160707.1633.022.html>

### 1.3 苔藓植物持水量测定

小心清除苔藓植物样品上的杂物,取 5 cm × 5 cm 小样方,将样品材料用纸包好,放入烘箱中 70 °C 烘干至质量恒定,测定干质量。然后将样品装入尼龙网袋,加清水完全浸没。在样品总的浸泡时间达到 5,10,30,60 和 900 min 时,取出静置至样品不滴水后,测定湿质量;每个样品设置 3 个重复,取平均值。

以各时间段单位面积苔藓植物湿质量与干质量的差值,作为该时间段的持水量(单位:t · hm<sup>-2</sup>)。以浸泡 900 min 所得的持水量作为各种苔藓植物的最大持水量(单位:t · hm<sup>-2</sup>)。最大持水量与干质量的比值即为各种苔藓植物最大持水率。对浸泡时间(x)与持水量(y)进行拟合,研究不同苔藓植物持水量随时间变化的规律。

## 2 结果

### 2.1 不同生境下苔藓植物的最大持水率

结果显示,不同苔藓植物的最大持水率差异较大,能够吸收自身质量 5.45~16.35 倍的水分。按照最大持水率对石生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(1 635%)、直叶棉藓(892%)、灰羽藓(581%);对树生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(1 352%)、东亚金灰藓(965%)、东亚小锦藓(688%);对土生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(1 393%)、东亚拟鳞叶藓(717%)、东亚小金发藓(545%)。桧叶白发藓在 3 种不同生境下,最大持水率也存在差异,能够吸附自身质量 13.52~16.35 倍的水分,但与单位面积生物量(图 1a)或植物体高度(藓层厚度)(图 1b)不呈线性相关。

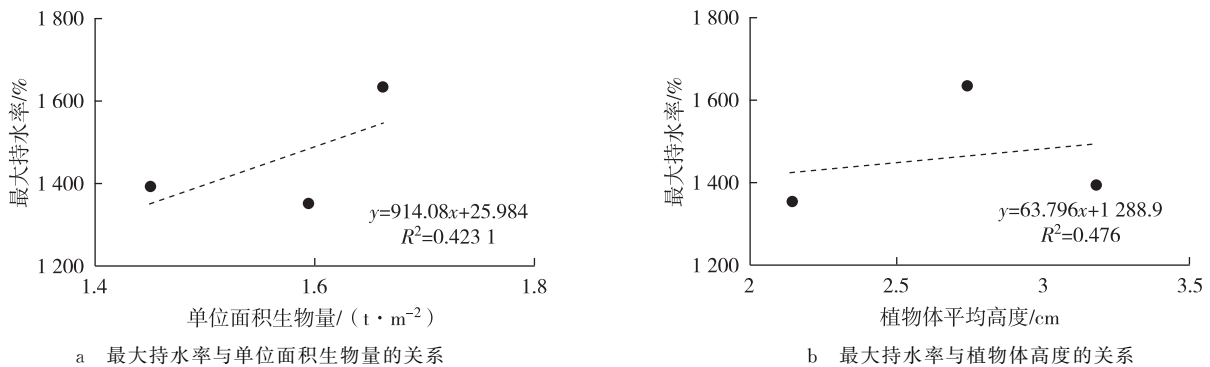


图 1 桧叶白发藓最大持水率与单位面积生物量

Fig. 1 The relationship between maximum water holding capacity of *L. juniperoides*

### 2.2 不同生境下苔藓植物的最大持水量

结果显示,不同苔藓植物的最大持水量差异较大。按照最大持水量对石生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(27.18 t · hm<sup>-2</sup>)、直叶棉藓(13.08 t · hm<sup>-2</sup>)、灰羽藓(9.88 t · hm<sup>-2</sup>);对树生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(21.56 t · hm<sup>-2</sup>)、东亚金灰藓(10.23 t · hm<sup>-2</sup>)、东亚小锦藓(8.92 t · hm<sup>-2</sup>);对土生生境下的优势种排序,从大到小依次为:桧叶白发藓(20.20 t · hm<sup>-2</sup>)、东亚小金发藓(11.45 t · hm<sup>-2</sup>)、东亚拟鳞叶藓(9.39 t · hm<sup>-2</sup>)。由此可见,石生生境下 3 种优势种平均最大持水量(16.71 t · hm<sup>-2</sup>)最高,其次是土生生境下的优势种(13.68 t · hm<sup>-2</sup>),再次是树生生境下的优势种(13.57 t · hm<sup>-2</sup>)。

### 2.3 不同苔藓植物持水量与浸泡时间的关系

对所研究的 3 种生境下 7 种苔藓植物样品持水量与浸泡时间之间的数据进行分析拟合(表 1,图 1),发现苔藓持水量与浸泡时间存在如下关系: $y = k \ln x + p$ ,式中: $y$  为苔藓植物的持水量(单位:t · hm<sup>-2</sup>); $x$  为浸泡时间(单位:h); $k$  为方程系数; $p$  为方程常数

表 1 7 种苔藓植物在不同生境下持水量与浸泡时间的关系

Tab. 1 Equations between water holding capacity of bryophytes and time immersed in water under three different habitats

学名	生境	海拔/m	吸水关系式	R <sup>2</sup>
桧叶白发藓	石生	509	$y = 3.040 2 \ln x + 23.445$	0.913 5
直叶棉藓	石生	730	$y = 1.422 4 \ln x + 11.057$	0.918 8
灰羽藓	石生	870	$y = 1.081 1 \ln x + 8.425 7$	0.902 1
桧叶白发藓	土生	666	$y = 2.237 5 \ln x + 17.611$	0.906 1
东亚小金发藓	土生	694	$y = 1.310 5 \ln x + 9.386 2$	0.919 0
东亚拟鳞叶藓	土生	936	$y = 1.047 9 \ln x + 8.199$	0.880 1
桧叶白发藓	树生	613	$y = 2.404 2 \ln x + 18.119$	0.933 5
东亚金灰藓	树生	655	$y = 1.118 9 \ln x + 8.286 7$	0.952 2
东亚小锦藓	树生	671	$y = 0.979 8 \ln x + 7.712 8$	0.907 2

注:表中苔藓植物拉丁学名见正文。

项(表 1)。不同苔藓植物持水量随时间变化的过程均表现为持水量随着浸泡时间的增加而增加。苔藓植物吸水速率高,在浸泡 30 min 内持水量增长最快。随后缓慢增加,浸泡 8 h 后接近饱和和(图 2)。

### 3 讨论

在研究区内,石生、土生、树生的苔藓植物优势种能够吸收自身质量 5.45~16.35 倍的水分,最大持水量为 8.92~27.18 t·hm<sup>-2</sup>,

有效截留了降水,对森林生态系统具有重要生态意义。苔藓层的覆盖有助于增强土壤抗冲性和抗雨蚀性,有效调节地表径流,是森林生态系统中控制水土流失重要的结构层次<sup>[5,12]</sup>。此外,在该地区尤其是在海拔 600~900 m,许多岩石被桧叶白发藓、直叶棉藓、灰羽藓等完全覆盖,这些苔藓植物在岩石上的定殖不仅改善了岩面持水性能,而且促进了岩面碳循环速率,富集了营养元素,为种子植物的定殖提供了物质基础<sup>[13]</sup>。

苔藓植物常成片或垫丛状生长,枝叶交错形成大量毛细孔隙,具有吸水快、蓄水量大的特点<sup>[14]</sup>。本研究结果显示,不同苔藓植物的最大持水率和最大持水量不同。这可能与它们各自的形态特征和生理生态特征有关<sup>[9]</sup>。在所测试的苔藓植物中,最大持水率最高的桧叶白发藓呈垫状生长,植物个体间存在大量毛细孔隙;加之它的叶片基部呈鞘状,增加了表面积。此外,桧叶白发藓中肋宽阔,占叶片大部分,由 2 至多层细胞构成。这些特征有助于吸收更多水分<sup>[15]</sup>。相比而言,最大持水率最低的东亚小金发藓,可能是由于叶片较厚并由多层细胞构成,叶片表面有类似角质层的结构,阻碍了水分的进入<sup>[16]</sup>。但由于该种单位面积的生物量高于东亚拟鳞叶藓、东亚金灰藓、东亚小锦藓和灰羽藓,所以最大持水量高于上述藓类。至于在 3 种不同生境下,最大持水率存在差异,但与单位面积生物量(图 1a)或植物体高度(藓层厚度)(图 1b)不呈线性相关,原因可能与林分组成、微环境等因素有关,还需要进一步研究确定。

### 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.  
Wu Y H, Cheng G D, Gao Q. Bryophyte's ecology functions and its significances in revegetation[J]. Journal of Desert Research, 2003, 23(3): 215-220.
- [2] 包维楷,王春明,吴宁. 青藏高原东部针叶林下 8 种藓类植物的持水和保水能力比较研究[J]. 自然资源学报,2004,19(2):190-194.  
Bao W K, Wang C M, Wu N. Change of water holding and conservation capacity of eight species of bryophytes under subalpine coniferous forests in eastern Tibetan plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2004, 19(2): 190-194.
- [3] 张洪江,程金花,史玉虎,等. 三峡库区几种林下苔藓的保水功能[J]. 江流域资源与环境,2003,12(5):457-461.  
Zhang H J, Cheng J H, Shi Y H, et al. Water conserving function of moss on forest stands in the Three Gorges area [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 12(5): 457-461.
- [4] 叶吉,郝占庆,姜萍. 长白山暗针叶林苔藓枯落物层的降雨截留过程[J]. 生态学报,2004,24(12):2859-2862.  
Ye J, Hao Z Q, Jiang P. Studies on rainfall holding process of the bryophyte and litter layer in coniferous forest of Changbai mountain [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(12): 2859-2862.
- [5] 车宗玺,刘贤德,敬文茂,等. 祁连山林区苔藓垂直分布特征与水文功能分析[J]. 水土保持学报,2006,20(6):71-74.  
Che Z X, Liu X D, Jing W M, et al. Vertical distribution characteristics and hydrological function analysis of bryophytes in Qilian mountains forest areas[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(6): 71-74.
- [6] 徐振锋,胡庭兴,张远彬,等. 川西亚高山几种天然林下苔藓层的持水特性[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(Z1):112-116.  
Xu Z F, Hu T X, Zhang Y B, et al. Water holding characteristics of bryophyte layer under natural forest stands in subalpine region of western Sichuan [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(Z1): 112-116.
- [7] 潘刚,任毅华,边巴多吉,等. 西藏色季拉山急尖长苞冷杉

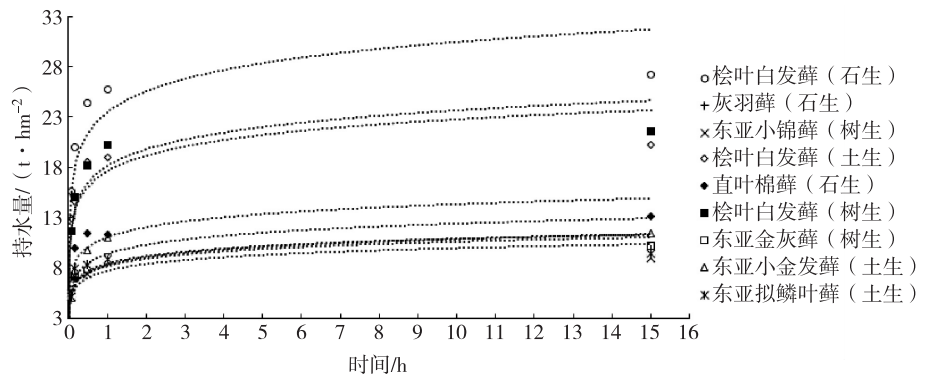


图 2 3 种不同生境下苔藓植物持水量与浸泡时间的关系

Fig. 2 Relationship between water holding capacity of bryophytes and time immersed in water under three different habitats

- 林枯枝落叶及苔藓层的生物量与持水性能[J]. 水土保持研究, 2008, 15(5): 81-83, 87.
- Pan G, Ren Y H, Bianbaduoji, et al. The water holding capacity of moss and litter layers of *Abies Georgei* forest of mount Sejila in Tibet[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 15(5): 81-83, 87.
- [8] 刘章文, 陈仁升, 宋耀选, 等. 祁连山高寒灌丛苔藓持水性能[J]. 干旱区地理, 2014, 37(4): 696-703.
- Liu Z W, Chen R S, Song Y X, et al. Water holding capacity of mosses under alpine shrubs in Qilian mountains[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(4): 696-703.
- [9] 张显强, 曾建军, 谏金吾, 等. 石漠化干旱环境中石生藓类水分吸收特征及其结构适应性[J]. 生态学报, 2012, 32(12): 3902-3911.
- Zhang X Q, Zeng J J, Chen J W, et al. The saxicolous moss's features of absorbing water and its structural adaptability in the heterogeneous environment with rock desertification[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3902-3911.
- [10] 刘艳, 皮春燕, 田尚. 重庆主城区地面苔藓植物群落特征及其与环境的关系[J]. 应用生态学报, 2015, 26(10): 3145-3152.
- Liu Y, Pi C Y, Tian S. Relationships between characteristics of ground bryophyte communities and environmental factors in urban area of Chongqing, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(10): 3145-3152.
- [11] 重庆市北碚区人民政府. 重庆缙云山国家级自然保护区管理局[EB/OL]. (2013-08-20)[2016-01-17]. <http://bb.cq.gov.cn/Item/32497.aspx>.
- The People's Government of Beibei District, Chongqing. Jinyunshan National Nature Reserve Administration, Chongqing [EB/OL]. (2013-08-20)[2016-01-17]. <http://bb.cq.gov.cn/Item/32497.aspx>.
- [12] 曾信波. 苔藓层的蓄水保土功能研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 118-121.
- Zeng X B. Study on the function of soil and water conservation of Bryophyta layer[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1995, 9(4): 118-121.
- [13] 曹建华, 袁道先. 石生藻类、地衣、苔藓与碳酸盐岩持水性及生态意义[J]. 地球化学, 1999, 28(3): 248-256.
- Cao J H, Yuan D X. Relationship between water holding of carbonate rock and saxicolous algae, lichen and moss and its ecological significance[J]. Geochimica, 1999, 28(3): 248-256.
- [14] 曹同, 郭水良, 娄玉霞, 等. 苔藓植物多样性及其保护[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- Cao T, Guo S L, Lou Y X, et al. Bryophyte diversity and conservation[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2011.
- [15] 高谦. 中国苔藓志(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- Gao Q. Flora Bryophytarum Sinicorum, Vol. 1[M]. Beijing: Science Press, 1994.
- [16] 吴鹏程, 贾渝. 中国苔藓志(第8卷). [M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- Wu PC, Jia Y. Flora Bryophytarum Sinicorum, Vol. 8 [M]. Beijing: Science Press, 2004.

## Water Holding Capacities of Bryophytes under Different Habitats in Jin-yun-shan National Nature Reserve

LIU Yan, QIAO Guangjun

(College of Life Sciences, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

**Abstract:** Bryophytes, as one of the important components in forest ecosystem, have strong water holding abilities and play significant ecological functions. However, few reports focus on water holding abilities of bryophytes under different habitats. The present study employed the indoor immersion method to measure the maximum water holding capacities of seven dominant bryophyte species growing on rocks, soil and trunks, respectively, in Jin-yun-shan National Nature Reserve, Chongqing, and reveal the variation patterns of water holding capacities with time immersed in water. The results showed that the seven dominant bryophyte species could absorb water as heavy as 5.45 to 16.35 times of their dry mass, which equal to 8.92~27.18 t·hm<sup>-2</sup> of rainfall. Among them, the maximum water holding capacity of *Leucobryum juniperoides* was the strongest. The average of maximum water holding capacity of three dominant species on rocks was highest, followed by those of on soil and trunks. Water holding capacities of the seven bryophytes increased with time immersed in water. In the first thirty minutes, the amounts of water absorbed by different species all increased sharply and the values reached the maximum after eight hours immersed. The relation between water holding capacities of each species ( $y$ ) and time immersed in water ( $x$ ) was  $y = k \ln x + p$ . Present results provided scientific evidence for bryophyte biodiversity conservation and hydrological function research.

**Key words:** moss; water holding capacity; Jinyun Mountain; Chongqing; *Leucobryum juniperoides*

(责任编辑 黄颖)