植物学通报 2006, **23** (6): 684~690
Chinese Bulletin of Botany

·实验简报·

冷杉天然林下地表主要苔藓斑块生物量及其影响因素

刘俊华[1], 包维楷[2*]

[1] 滨州学院黄河三角洲生态环境研究中心, 滨州 256603

[2] 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041

摘要 调查分析了大渡河上游藓类-冷杉天然林下5种主要地表苔藓斑块(锦丝藓、赤茎藓、大羽藓、塔藓及锦丝-大羽藓)的生物量, 同时测定了各斑块相关环境因子(斑块表面气温、空气湿度、光照强度及基质湿度等)。对苔藓生物量和相关环境因子进行综合分析表明, 不同苔藓斑块的生物量有差异, 且不同斑块环境因子也表现出一定的差异性。对斑块生物量与环境因子进行相关分析显示, 苔藓斑块生物量与环境因子之间相关性较显著, 苔藓生物量特征受空气温度、空气湿度、光照强度、灌木层盖度及草本层盖度等因素影响较大。但不同环境因子对不同斑块苔藓生物量的影响水平有差异。

关键词 苔藓, 斑块, 生物量, 环境因子

Major Bryophyte Patch Biomass and Relation with Environmental Factors in a Coniferous Forest of the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau

Junhua Liu[1], Weikai Bao[2*]

[1]*Ecological Environment Research Center of Huanghe River Delta, Binzhou 256603, China*

[2]*Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China*

Abstract Bryophytes are distributed in patches on the floor of primary coniferous forests in the Eastern Tibetan Plateau, but the patch character has received little attention. We investigated the Synusia biomass of major bryophyte patches — *Actinothuidium hookeri, Thuidium cymbifolium, Pleurozium schreberi, Hylocomium splendens, Actinothuidium thuidium* in a coniferious forest of the upper dadu River and measured environmental indices (air temperature, air humidity, sun intensity, substrate humidity, etc.) for each patch. The analysis of patch biomass and environmental factors indicated significant correlation between bryophyte biomass and air temperature, air humidity, sun intensity, scrub cover and herb cover, with the level of impact varying. A finite factor had a different influence on the finite patches, and the ecological function is a result of all factors participating together. The characteristics of bryophyte biomass resulted from comprehensive functions of all the environmental factors.

Key words bryophyte, patch, biomass, environmental factor

生物量是生态系统的重要组成, 作为生态系统积累的植物有机总量, 是整个生态系统运行

收稿日期: 2006-03-27; **接受日期**: 2006-10-16
基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(No. KZCX3-SW-339)
* Author for correspondence. E-mail: baowk@cib.ac.cn

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

的能量基础和营养物质来源(包维楷等, 2005)。苔藓植物是天然森林生态系统多样性的重要成分, 苔藓生物量直接体现了森林生态系统结构状况以及林下环境的自然性(Vanderpooren et al., 2001; Humphrey, 2002)。因此, 苔藓植物发育程度对森林生态系统健康有指示作用, 可作为森林环境恢复状况以及森林健康状况评价的重要指标。在青藏高原东部的天然林下, 苔藓植物往往在地表形成厚厚的一层, 成为地表植被层的优势层片, 并在天然林生态系统结构与功能的变化过程中扮演着重要的角色(四川植被协作组, 1980; 吴征镒, 1983; During, 1990; 四川森林编辑委员会, 1992), 苔藓植物也是森林生态系统初级生产力的重要组成部分(吴鹏程, 1998)。苔藓植物受小环境的影响非常显著, 生境的异质性导致苔藓植物分布不均匀。由于天然林下环境优越, 形成了较为稳定的异质性环境。藓类植物对生境变化极为敏感, 其分布环境多被称为小生境或微生境, 以区别于周围不同环境(王中生, 2002)。在这种小环境异质性的作用下, 苔藓植物呈现出较为明显的斑块分布特点(王开运, 2004)。生物量是植物群落特征的一个重要方面, 生物量是指净生产量的积累量, 某一时刻的生物量就是此时此刻以前生态系统所累计下来的活的有机质总量(孙濡泳等, 1993)。能够对生物量产生影响的因素很多, 且影响机制各不相同(成文联等, 2000)。国内对植物生物量的研究多集中于维管植物(刘国华等, 2003; 程晓莉等, 2003; 李英年等, 2003), 而对苔藓植物的研究很少。揭示苔藓斑块生物量与环境因子的相互关系有助于我们较深入地认识林下地表空间异质性水平, 对于阐明生态系统结构和功能也具有重要的意义。目前对苔藓植物生物量及其影响因素的研究多集中于较大尺度的层面上(白学良等, 1998; 雷波等, 2004; 叶吉等, 2004), 而对小尺度和微尺度上苔藓植物生物量研究还相当缺乏。本文通过对青藏高原东部地区天然林下的不同苔藓斑块内植物群落的生物量及其微生境条件的研究, 目的在于比较不同苔藓斑块之间的层片生物量和环境因子的差异, 分析地表苔藓植物生物量的分布特征及其主要影响因素, 探讨林下地表苔藓植物与环境因素的相互关系。

1 研究区自然概况

研究地点在大渡河上游支流杜柯河流域的日科沟, 位于四川省阿坝藏族羌族自治州壤塘县境内, 隶属壤塘林业局二林场。该区属温带气候, 年均气温3~6℃, 年平均降水量700~800 mm, 年蒸发量1 200~1 500 mm, ≥10℃的年活动积温小于2 000℃, 年日照时数2 000~2 500 小时, 年均无霜期一般小于100天。样地设置在壤塘林业局二林场十支沟阴坡的冷杉天然林, 北纬32°21', 东经100°37', 海拔约3 600 m, 坡向为北偏东 15°, 坡度为 30° 左右。乔木层以鳞皮冷杉(*Abies squamata*)为主, 杂有少量云杉(*Picea asperata*), 盖度约为60%, 林木密度约为500株/hm^2, 平均树高15~20 m, 平均胸径40~50 cm。灌木层盖度不足 30%, 主要种类有杜鹃(*Rhododendron* spp.)、忍冬(*Lonicera* spp.)、茶藨子(*Ribes* spp.)、绣线菊(*Spiraea* spp.)、花楸(*Sorbus* spp.)、蔷薇、悬钩子、金缕梅等; 草本层盖度10%~30%, 主要种类有疏花早熟禾(*Poa chalarantha*)、苔草、莎草、报春花等; 林下枯落层稀疏, 以冷杉针叶为主, 厚度不足 1.0 cm, 覆盖度 10% 以下。土壤为山地棕壤土, pH5.0~6.5, 无碳酸盐反应。由于未受人为干扰, 地表苔藓发育良好, 平均盖度90%以上, 层片厚度为 10~15cm, 优势物种有锦丝藓(*Actinothuidium hookeri*)、大羽藓(*Thuidium cymbifolium*)、赤茎藓(*Pleurozium schreberi*)、塔藓(*Hylocomium splendens*)和曲尾藓(*Dicrum* spp.)等。

2 研究方法

2.1 苔藓斑块概念与选择

斑块是依赖于尺度并与周围环境在性质上

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

或外观上不同的空间实体(邬建国等, 1992)。在本研究中, 苔藓斑块定义为与周围环境有明显不同的苔藓植物所组成的空间连续体, 并根据优势种来命名苔藓斑块, 若优势物种不明显, 则按2种或者2种以上来命名为混交斑块。研究选择了 5 种类型的苔藓植物斑块, 即锦丝藓斑块、大羽藓斑块、赤茎藓斑块、塔藓斑块及锦丝 - 赤茎混交斑块进行调查。

2.2 调查内容与方法

2.2.1 斑块相关环境因子的测定 在对上述斑块的特征调查前, 逐一测定斑块表面气温、空气湿度、光照强度及土壤(基质)湿度(在0~5 cm范围内)。每一斑块的每个因子的测定均同步进行; 所有斑块相关环境因子测定均在晴天无风条件下 12:00~14:00 时间段内进行。空气温度和湿度的测定是将精密温度计(精度为0.1 ℃)与干湿球温度计固定于每个调查样方中心位置苔藓层上方约1 cm处, 待稳定后(稳定时间为3~5分钟)读数并记录; 光照强度用照度计测定, 测定时将照度计探头与苔藓表层平行放置, 待稳定后读数; 土壤湿度用土壤水分测定仪测定5 cm范围内的土壤(基质)湿度, 测定时把地表植被移开后将探头垂直插入。每个斑块小样方(50 cm×50 cm)内环境因子均测3个点(三角形的 3 个顶点), 共获得了 93 个斑块的光照强度、基质湿度以及 70 个空气温度、空气湿度的数据。

2.2.2 生物量测定 采用样地调查方法, 根据斑块大小, 确定调查面积, 一般调查面积占斑块总面积的40%~90%, 用50 cm × 50 cm的样方(网筛, 每个网格1 cm × 1 cm, 共1 849格)。调查时, 首先记录斑块类型, 分别估算样方内凋落物盖度及乔、灌、草本层盖度(%)。采集样方内所有苔藓植物, 装入塑料袋, 带回室内将所有苔藓植物用清水冲洗干净后放入烘箱, 70℃连续烘干, 测量称重, 测定苔藓干生物量($g \cdot m^{-2}$)。本研究共调查了93个地表苔藓植物斑块, 其中锦丝藓斑块 21 个、大羽藓斑块、赤茎藓斑块、塔藓斑块各 20 个, 锦丝 - 赤茎藓混交斑块 12 个。

2.3 数据整理与统计分析

根据调查结果, 对不同苔藓斑块生物量以及不同类型斑块相关环境因子进行统计分析, 分别作差异性检验(One-way ANOVA)后, 对斑块生物量与对应的环境因子之间作Pearson相关性分析, $0.01<P\leq0.05$为差异显著, $P\leq0.01$为差异极显著; 最后对斑块生物量和环境因子进一步作回归分析, 确定影响苔藓斑块特征的主要影响因素。

整个计算过程在SPSS 10.0和EXCEL 2000软件系统下完成。

3 结果

3.1 斑块特征

5 种主要地表苔藓斑块生物量状况如图 1 所示。从图 1 中可以看出, 所调查的 5 个苔藓斑块类型, 其生物量可以分为3个等级: 锦丝藓斑块(Patch-Ach)和锦丝 - 赤茎藓混交斑块

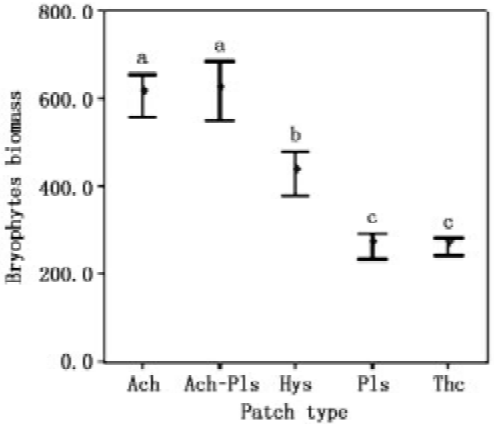


图1 5种地表苔藓植物斑块生物量(小写字母不同指示差异显著, $P<0.05$)
Ach. 锦丝藓斑块; Ach-Pls. 锦丝 - 赤茎藓混交斑块; Hys. 塔藓斑块; Pls. 赤茎藓斑块; Thc. 大羽藓斑块

Fig. 1 Characteristics of community structure of five types of ground bryophytes patches (Different letters indicate difference at 0.05 level)

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

(Patch-Ach-Pls)为第1等级, 层片生物量(平均值±标准误, 下同)分别为(604.4 ± 12.2) g·m^{-2}和(613.1 ± 17.0) g·m^{-2}; 塔藓斑块(Patch-Hys)为第2等级, 层片生物量(427.7 ± 12.3) g·m^{-2}; 大羽藓斑块(Patch-Thc)和赤茎藓斑块(Patch-Pls)为第3等级, 生物量分别是(259.8 ± 19.6) g·m^{-2}和(262.1 ± 7.2) g·m^{-2}。其中, 处于第1等级的锦丝-赤茎藓斑块与锦丝藓斑块与其它3种斑块在生物量上存在显著差异(P<0.05), 但这2个斑块之间无统计学上的差异。同样, 处于第3等级的大羽藓斑块和赤茎藓斑块二者生物量也无统计学上的差异, 塔藓斑块与其它4类斑块均表现出显著差异。

3.2 各斑块环境因子特征

5种苔藓斑块的环境因子指标如表1所示。相同天气状况下塔藓斑块藓丛表面空气温度最高, 赤茎藓斑块最低, 且赤茎藓斑块与其它4类斑块之间存在显著差异, 其它4类斑块之间无统计学上的差异(P<0.05)。5类斑块的空气湿度之间表现出一定的差异性, 赤茎藓斑块空气湿度最高, 达到47.1%±3.26%, 塔藓斑块最低, 且塔藓斑块与大羽藓斑块、赤茎藓斑块、锦丝-赤茎藓混交斑块之间差异显著(P<0.05)。大羽藓斑块基质湿度最小, 并与锦丝藓斑块、赤茎藓斑块差异显著, 其余斑块之间未表现出统计学上的差异。塔藓斑块表面所受的光照强度最大, 大羽藓斑块最低, 其中赤茎藓斑块、塔藓斑块分别与其它斑块有显著差异, 锦丝藓斑块和大羽藓斑块两者之间也存在统计学上的差异。

赤茎藓斑块上方的乔木盖度最低, 为28.0% ± 5.6%, 且与其它4种斑块有显著差异, 而其它4种斑块之间无统计学上的差异。赤茎藓斑块的灌木盖度最高, 达到29.7% ± 6.0%, 与灌木盖度最低的塔藓斑块之间存在统计学上的差异, 其余4种斑块之间未表现出统计学上的差异(P<0.05)。锦丝藓斑块的草本植物盖度最低, 与大羽藓斑块、赤茎藓斑块差异显著, 大羽藓斑块和塔藓斑块之间也存在统计学上的差异。5种斑块的凋落物盖度差异不显著。5种斑块类型中草本层植物生物量最低的是塔藓斑块, 为(25.13 ± 4.19) g·m^{-2}, 与大羽藓斑块、赤茎藓斑块之间存在显著差异。另外, 锦丝藓斑块与赤茎藓斑块之间也存在显著差异, 其余斑块之间无统计学上的差异(P<0.05)。

3.3 苔藓斑块生物量与地表微环境因子的关系

5种斑块类型生物量与环境因子的相关关系如表2所示, 锦丝藓层片生物量与空气湿度、光照强度、乔木盖度、枯落物盖度之间呈负

表1 5种地表苔藓植物斑块环境因子特征

Table 1 Characteristics of environmental factors of five types of ground bryophytes patches

	Patch-Ach (21)	Patch-Thc (20)	Patch-Pls (20)	Patch-Hys (20)	Patch-Ach-Pls (12)
Air temperature (℃)	20.7±0.42^{ab}	20.2±0.43^{b}	19.6±0.45^{b}	21.7±0.49^{a}	20.2±0.30^{b}
Air humidity (%)	42.1±3.44^{ab}	45.8±2.75^{b}	47.1±3.26^{b}	35.9±2.93^{a}	39.8±4.11^{ab}
Substrate humidity (%)	29.11±1.27^{ab}	24.80±1.14^{c}	28.98±1.32^{ab}	25.50±1.04^{ac}	27.45±2.53^{ac}
Light intensity (μmol·m^{-2}·s^{-1})	162.1±1.5^{a}	125.5±0.8^{b}	200.9±0.9^{d}	253.7±1.6^{c}	151.1±0.8^{ab}
Ardor coverage (%)	46.2±7.3^{a}	55.3±6.3^{a}	28.0±5.6^{c}	38.6±5.3^{ab}	36.7±9.8^{ab}
Scrub coverage (%)	20.0±4.3^{a}	24.5±4.1^{a}	29.7±6.0^{b}	14.9±5.4^{a}	23.3±6.5^{a}
Herb coverage (%)	26.4±4.8^{a}	48.5±5.4^{d}	41.4±4.9^{cd}	29.5±3.6^{ac}	37.1±6. 7^{abd}
Litter coverage (%)	7.8±3.0^{a}	9.7±1.6^{a}	4.9±0.7^{a}	6.2±1.1^{a}	6.3±1.5^{a}
Herb biomass (g·m^{-2})	31.68±4.83^{ad}	46.47±6.50^{cd}	50.11±5.91^{c}	25.13±4.19^{ab}	40.14±7.39^{ac}

小写字母不同指示差异显著; 括号内的数字表示样本数(P<0.05)

Different letters indicate difference at 0.05 level; the number in the blanket stands the plot number

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

相关, 与其它因子间为正相关, 其中只与空气温度的相关性达到显著性水平(P<0.05)说明在林下, 锦丝藓层片生物量随空气温度升高呈增高趋势。另外, 斑块上方灌木层盖度和草本层生物量对锦丝藓层片生物量也有一定的影响, 这也从另一方面说明了锦丝藓的生长与维管植物之间存在比较密切的关系。

大羽藓斑块层片生物量与空气湿度、基质湿度、乔木盖度、灌木盖度、草本盖度及草本层生物量之间表现为负相关, 与空气温度等其它因子间为正相关, 其中与空气温度的相关性达到显著水平。

赤茎藓层片生物量与空气温度、乔木盖度、草本盖度、枯落物盖度及草本层生物量之间表现为负相关性, 与其它因子间呈正相关, 其中仅与灌木盖度之间达到极显著性水平。

塔藓层片生物量与空气温度、枯落物盖度及草本层生物量之间表现正相关, 与其他因子间呈负相关, 其中空气温度对塔藓层片生物量影响达到极显著性水平(P<0.01)。

锦丝 - 赤茎藓斑块层片生物量与空气温度、空气湿度、基质湿度、光照强度、灌木盖度、草本盖度及草本层生物量之间表现为负相关, 与其它因子间呈正相关, 但所有因子中只有草本层盖度对层片生物量的影响达到显著性水平(P<0.05)。

4 讨论

多数苔藓植物由于缺乏输导和蒸发系统, 没有真正的根等形态学特征, 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(吴鹏程, 1998; 吴玉环等, 2001, 2002; 叶吉等, 2004)。但也有许多苔藓植物能在不同程度上忍耐失水和干旱, 随着环境变干可将植物体内的含水量降得很低, 一旦环境条件变湿, 又可以迅速地吸收水分, 恢复正常的生理代谢活动(吴鹏程, 1998)。苔藓植物在适应天然林下弱光、潮湿的这种特殊生境的同时, 也对所处环境产生响应。地表苔藓植物受林下环境异质性的影响, 因此在天然林下常常形成比较明显的斑块分布格局。分布在青藏高原东部亚高山上的苔藓种类大都适应了低温的环境, 因此, 林下这些主要苔藓物种已经适应了这种郁闭、湿冷的环境。但由于各个物种具有不同的生物学、生态学特性, 所以对周围环境的变化又有不同的反应, 因此形成了不同的藓丛结构特征。由图 1 可以看出, 不同类型苔藓斑块之间在生物量上表现出一定的差异性。

由表3可以看出, 制约5种斑块生物量特征的主导因素存在差异。从表 3 可以看出 5 种斑块类型苔藓层片生物量与环境因子的关系。锦丝藓层片生物量受藓丛表面空气温度影响最

表 2 5 种苔藓斑块生物量与环境因子的相关关系分析

Table 2 Pearson correlation (R) among five patches biomass and environmental factors

	Patch -Ach	Patch-Thc	Patch-Pls	Patch-Hys	Patch-Ach-Pls
Air temperature(15)	0.613*	0.623*	-0.492	0.758**	-0.073
Air humidity(15)	-0.147	-0.559*	0.160	-0.318	-0.051
Substrate humidity(21)	0.010	-0.062	0.245	-0.348	-0.351
Light intensity(21)	-0.002	0.343	0.139	-0.359	-0.042
Ardor coverage(21)	-0.172	-0.244	-0.083	-0.052	0.048
Scrub coverage(21)	0.319	-0.363	0.613**	-0.159	-0.258
Herb coverage(21)	0.085	-0.059	-0.230	-0.133	-0.610*
Litter coverage(21)	-0.011	0.033	-0.190	0.408	0.100
Herb biomass(21)	0.331	-0.153	-0.144	0.012	-0.213

** 极显著相关性(P<0.01); * 显著相关性(P<0.05). 括号内数字代表样方数目

**Correlation is significant at the 0.01 level; * Correlation is significant at the 0.05 level. The number in the blanket stands the plot number

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

表 3 5 种苔藓斑块生物量的主要影响因子

Table 3 The major factor influences biomass to five kinds of bryophytes patches

	Patch-Ach	Patch-Thc	Patch-Pls	Patch-Hys	Patch-Ach-Pls
Major factor	Air temperature(+)	Air temperature(+) Air humidity(-)	Scrub coverage(+)	Air temperature(+)	Herb coverage(-)
Other factors	Scrub coverage(+)	Scrub coverage(-)		Air humidity(-)	
	Herb coverage(+)	Light intensity(+)	Air temperature(-)	Sub-humidity(-) Light intensity(-) Litter coverage(+)	Sub-humidity(-)

"+" 代表斑块生物量与该环境因子呈正相关性; "-" 代表斑块生物量与该环境因子呈负相关性

"+" Stands relationship between patch characteristic and the environmental factor is positive; "-" Stands relationship between patch characteristic and the environmental factor is negative

大, 这和锦丝藓本身的生物学及生态学特性是密切相关。同时, 还受到上方灌木层和草本层的影响。大羽藓层片生物量受藓丛表面空气状况的影响则更为显著, 温度和湿度条件都对其生物量水平产生显著影响。大羽藓是一种较耐干旱类型, 保水能力强, 其生长对空气湿度条件要求不严格, 但是, 生物量的积累与湿度条件的关系还是非常密切的。大羽藓层片生物量还与灌木层盖度和光照强度有较强相关性, 而赤茎藓是唯一一个层片生物量对灌木盖度反应敏感的斑块类型, 空气温度也对赤茎藓的生物量有较强影响。塔藓斑块的生物量也受到藓丛表面空气温度的显著影响, 可能是因为塔藓也是一种较喜温的藓种, 因此, 在外界温度条件较好的环境中, 生物量的积累较高。与其它几类斑块有所不同, 对塔藓斑块生物量产生影响的因素很多, 除空气温度外, 还有空气湿度、基质湿度、光照强度和枯落物盖度等, 塔藓斑块也是唯一受到枯落物盖度影响的类型。锦丝-赤茎藓斑块作为仅有的混交类型, 也是唯一一类生物量受草本层盖度显著影响的斑块, 此外, 其生物量还与基质湿度有一定相关性。综合分析表 3 内容可以看出, 藓丛表面空气状况尤其是温度条件是影响该林下地表藓类生物量的主要因素。

总之, 天然林林下异质性的外界环境与各藓种不同的生物学、生态学特性, 是促使地表苔藓植物形成了斑块性分布特征的直接原因。不同斑块类型藓层生物量受不同的环境因素的影响和制约, 但每种因素都是通过与其它因子的协同作用来对苔藓斑块的生物量特征产生影响; 同样, 每个环境因素都会对斑块的生物量特征产生影响, 但在植物生长或植被发育不同时期影响水平可能会有所不同。

参考文献

白学良, 赵连梅, 孙维, 孙卫国 (1998). 贺兰山苔藓植物物种多样性、生物量及生态学作用的研究. 内蒙古大学学报(自然科学版) **29,** 118-124.

包维楷, 雷波, 冷俐 (2005). 六种人工针叶幼林下地表苔藓植物生物量与碳贮量.应用生态学报 **16,** 1817-1821.

成文联, 柳海鹰, 王世冬 (2000). 生物量与其影响因素之间关系的研究.内蒙古大学学报(自然科学版) **31,** 285-288.

程晓莉, 安树青, 钦佩, 刘世荣 (2003). 鄂尔多斯草地退化过程中植被地上生物量空间分布的异质性. 生态学报 **23,** 1526-1532.

雷波, 包维楷, 贾渝, 刘俊华 (2004). 不同坡向人工油松幼林下地表苔藓植物层片的物种多样性与结构特征.生物多样性 **12,** 410-418.

李英年, 赵新全, 王勤学, 古松, 杜明远, 加藤知道, 王启兰, 赵亮 (2003). 青海海北高寒草甸五种植被生物量及环境条件比较.山地学报 **21,** 257-264.

刘国华, 马克明, 傅伯杰, 关文彬, 康永祥, 周建云,

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093

刘世梁 (2003). **岷江干旱河谷主要灌丛类型地上生物量研究.生态学报 23,** 1757 -1764.

四川植被协作组 (1980). **四川植被**. (**成都:四川人民出版社**), pp. 241-245.

四川森林编辑委员会 (1992). **四川森林**. (**北京:中国林业出版社**), pp. 467-472.

孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 尚玉昌 (1993). **普通生态学**. (**北京:高等教育出版社**), pp. 211-215.

王开运 (2004). **川西亚高山森林群落生态系统过程**. (**成都:四川科学技术出版社**), pp. 317-321.

王中生, 方炎明 (2002). **龙王山常绿阔叶林石生藓分布格局的缀块性分析**. **南京林业大学学报(自然科学版) 26,** 32-36.

邬建国, 李百炼, 伍业钢 (1992). **缀块与缀块动态**. I. **概念与应用**. **生态学杂志 11(4),** 41-45.

吴鹏程 (1998). **苔藓植物生物学**. (**北京: 科学出版社**), pp. 1-11.

吴玉环, 高谦, 程国栋, 于兴华, 曹同 (2002). **苔藓植物对全球变化的响应及其生物指示意义.应用生态学报 13,** 895-900.

吴玉环, 黄国宏, 高谦, 曹同 (2001). **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 12,** 943-946.

吴征镒 (1983).**中国植被**. (**北京: 科学出版社**), pp. 259-273.

谢小伟, 郭水良, 黄华 (2003). **浙江金华市区地面苔藓植物分布与环境因子关系研究**. **武汉植物学研究 21,** 129-136.

叶吉, 郝占庆, 戴冠华 (2004). **长白山暗针叶林苔藓植物生物量的研究**. **应用生态学报 15,** 737-740.

叶吉, 郝占庆, 于德永, 闫海冰, 封德全 (2004). **苔藓植物生态功能研究进展**. **应用生态学报 15,** 1939-1942.

Brown, D.H., and Bates, J.W. (1990). Bryophytes and nutrient cycling. Bot. J. Linn. Soc. **104,** 129-147.

During, H.J., and van Tooren, B.F. (1990). Bryophyte interactions with other plants. Bot. J. Linn. Soc. **104,** 79-98.

Humphrey, J.W., Daveyb, S., Peacec, A.J., and Harding, K. (2002). Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and dead wood. Biol. Cons. **107,** 165-180.

Vanderpooren, A., Sotiaux, A., and Sotiaux, O. (2001). Intergrating bryophyte into a forest management plan: lessons from grid-mapping in the forests of Soignes (Belgium). CryptoBryo **22,** 217-230.

(**责任编辑**: **白羽红**)

欢迎订阅 2007 年《林业科学》

《林业科学》是中国林学会主办的林业综合性学术期刊, 创刊于 1955 年。在三届“国家期刊奖”评选中, 两次荣获中国期刊最高奖——“国家期刊奖”, 一次名列“国家期刊奖提名奖”第一名。代表中国林业科学研究和林业科技期刊的最高水平。主要刊登林业及相关领域的最新科研成果, 及时反映国家林业建设重点和热点, 评述学术动向, 开展学术讨论, 促进国内外学术交流。内容包括森林培育、森林生态、林木遗传育种、森林保护、森林经理、森林与生态环境、生物多样性保护、野生动植物保护与利用、园林植物与观赏园艺、经济林、水土保持与荒漠化治理、林业可持续发展、森林工程、木材科学与技术、林产化学加工工程、林业经济及林业宏观决策研究等方面。以学术论文、研究报告、综述为主, 还设有学术问题讨论、研究简报、科技动态、新书评介等栏目。主要刊登中文论文, 同时接受英文稿件(附中文摘要), 读者对象为国内外从事林业各个领域研究的科技人员、林业管理干部以及高等院校的师生。

本刊为月刊, 每月 25 日出版, 大 16 开, 每期 128 页, 单价: 25 元, 全年: 300 元。国内外公开发行, 国内统一刊号: CN11-1908/S。邮发代号 82-6。也可以直接向编辑部订阅。

联系地址: 北京万寿山后中国林学会《林业科学》编辑部

邮编: 100091 电话: (010)62889820, 62888579

E-mail: linykx@forestry.ac.cn 或 linykx@caf.ac.cn

网址: http://lyke.chinajournal.net.cn

https://www.sciengine.com/doi/10.3724/CBB-t26-093