


色季拉山东坡树干附生藓类的生物量 变化特征及其影响因子


马和平^{1a, 1b, 1c, 1d} , 石玉龙², 赵文茵^{1a, 1b, 1c, 1d}

(1. 西藏农牧学院: a. 高原生态研究所, b. 西藏高原森林生态教育部重点实验室, c. 西藏林芝高山森林生态系统国家野外科学观测研究站, d. 西藏自治区高寒植被生态安全重点实验室, 西藏 林芝 860000; 2. 四川省雅安市林业局, 四川 雅安 625015)

摘要: 在色季拉山东坡海拔 3 700~4 400 m 范围内, 以样地内胸径大于 30 cm 的裂毛雪山杜鹃 (*Rhododendron aganniphum* var. *schizopeplum* (Balf. f. et Forrest) T. L. Ming)、方枝柏 (*Juniperus saltuaria* Rehder et E. H. Wilson) 和急尖长苞冷杉 (*Abies georgei* var. *smithii* (Viguie et Gaussen) W. C. Cheng et L. K. Fu) 树干为调查对象, 对 3 个树种树干不同高度 (距地面 0 (基部)、50、100 和 150 cm 处) 和不同方位 (东部、南部、西部和北部) 附生藓类生物量进行了比较。结果表明: 在色季拉山东坡样地中 3 个树种树干附生藓类植物共有 19 科 33 属 57 种, 优势科为曲尾藓科 (Dicranaceae)、紫萁藓科 (Grimmiaceae) 和提灯藓科 (Mniaceae)。3 个树种树干附生藓类生物量随着海拔的升高波动减小, 海拔 3 700 m 处生物量最大 ($125.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), 海拔 4 400 m 处生物量最小 ($29.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$)。从不同树干高度看, 树干基部附生藓类生物量最大 ($78.10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), 其后依次为树干距地面 50、150、100 cm 处, 树干附生藓类生物量分别为 49.60、37.50 和 $26.90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从树干不同方位看, 树干西部附生藓类生物量最大, 其后依次为树干东部、北部、南部。上述研究结果显示: 色季拉山东坡树干附生藓类生物量受样地海拔及藓类在树干上的高度和方位综合影响。

关键词: 树干附生藓类; 生物量; 色季拉山; 海拔

中图分类号: Q948.1; Q949.35⁺2.08 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2022)05-0019-08
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2022.05.03

Variation characteristics of biomass of epiphytic mosses on trunks on the eastern slope of Sygera Mountain and their affecting factors MA Heping^{1a, 1b, 1c, 1d} , SHI Yulong², ZHAO Wenyin^{1a, 1b, 1c, 1d}
(1. Tibet Agricultural and Animal Husbandry University: a. Institute of Tibet Plateau Ecology, b. Key Laboratory of Forest Ecology in Tibet Plateau, Ministry of Education, c. National Forest Ecosystem Observation and Research Station in Nyingchi of Tibet, d. Key Laboratory of Alpine Vegetation Ecological Security in Tibet, Nyingchi 860000, China; 2. Ya'an Forestry Bureau of Sichuan, Ya'an 625015, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2022, 31(5): 19-26

Abstract: Taking trunks of *Rhododendron aganniphum* var. *schizopeplum* (Balf. f. et Forrest) T. L. Ming, *Juniperus saltuaria* Rehder et E. H. Wilson, and *Abies georgei* var. *smithii* (Viguie et Gaussen) W. C. Cheng et L. K. Fu with diameter at breast height greater than 30 cm in plots within the altitude range of 3 700-4 400 m on the eastern slope of Sygera Mountain as survey objects, the biomass of epiphytic mosses at different heights (0 (base), 50, 100, and 150 cm to the ground) and on different orientations (east, south, west, and north) of trunks of three tree species were compared. The results show that in the plots of eastern slope of Sygera Mountain, there are 57 species of epiphytic mosses

收稿日期: 2022-03-31

基金项目: 中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室开放课题 (LVEC-2020kf01)

作者简介: 马和平 (1977—), 男, 甘肃陇西人, 博士, 教授, 主要从事苔藓植物生态学方面的研究。

^①通信作者 E-mail: 285477889@qq.com

引用格式: 马和平, 石玉龙, 赵文茵. 色季拉山东坡树干附生藓类的生物量变化特征及其影响因子 [J]. 植物资源与环境学报, 2022, 31(5): 19-26.

belonging to 33 genera of 19 families on trunks of three tree species, and the dominant families are Dicranaceae, Grimmiaceae, and Mniaceae. The biomass of epiphytic mosses on trunks of three tree species show a fluctuation decrease tendency with the increase of altitude, and the biomass is the largest at the altitude of 3 700 m ($125.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$) and the smallest at the altitude of 4 400 m ($29.00 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$). In terms of different heights of trunks, the biomass of epiphytic mosses at the base of trunks is the largest ($78.10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$), followed by those at 50, 150, 100 cm of trunks to the ground in order, and the biomass of epiphytic mosses on trunks are 49.60, 37.50, and $26.90 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ respectively. In terms of different orientations of trunks, the biomass of epiphytic mosses on the west of trunks is the largest, followed by those on the east, north, south of trunks in order. It is suggested that the biomass of epiphytic mosses on trunks on the eastern slope of Sygera Mountain are comprehensively affected by the altitude of plots and height and orientation of mosses on trunks.

Key words: epiphytic mosses on trunk; biomass; Sygera Mountain; altitude

苔藓植物是植物资源和生物多样性的的重要组成部分^[1]。苔藓层位于森林植被层与土壤层之间,是森林生态系统的重要组成部分^[2]。其中,树附生苔藓植物对苔藓植物多样性有重要影响^[3]。苔藓植物的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,其发育程度对森林生态系统健康状况有指示作用,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^[4]。因此,揭示苔藓生物量与环境因子间的关系不仅有助于更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意义。

位于西藏东南部林芝市境内的色季拉山属于念青唐古拉山余脉,是湿润区和半湿润区的过渡区,树附生苔藓是色季拉山森林苔藓植物的重要组成部分。色季拉山海拔梯度明显,尤其是苔藓植物在该山体呈规律分布^[5]。近年来,有关西藏苔藓植物的研究主要集中在数量分布特征^[6]、新记录^[7,8]以及多样性与环境的关系^[9]等方面。本文对色季拉山东坡裂毛雪山杜鹃 (*Rhododendron aganniphum* var. *schizopeplum* (Balf. f. et Forrest) T. L. Ming)、方枝柏 (*Juniperus saltuaria* Rehder et E. H. Wilson) 和急尖长苞冷杉 (*Abies georgei* var. *smithii* (Viguie et Gaussen) W. C. Cheng et L. K. Fu) 3 个树种的树干附生藓类生物量进行比较研究,以期了解树干附生藓类生物量的变化特征,为深入研究该区域树附生苔藓植物多样性格局的形成提供基础数据。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

色季拉山位于东经 $93^{\circ}12' \sim 95^{\circ}35'$ 、北纬 $29^{\circ}10' \sim$

$30^{\circ}15'$ 。受印度洋季风的影响,色季拉山的气候具有冬温夏凉、干湿季分明的特点。年均降水量 1 134 mm,年均蒸发量 544 mm,雨季为 6 月至 9 月,主要集中在 8 月,占全年降水量的 30%。年平均气温 6.5°C ,最冷月平均气温 $0.0^{\circ}\text{C} \sim 2.8^{\circ}\text{C}$,最热月平均气温 $11.5^{\circ}\text{C} \sim 18.2^{\circ}\text{C}$,无霜期 180 d,平均空气相对湿度 $60\% \sim 80\%$ 。

急尖长苞冷杉为色季拉山东坡的建群种,方枝柏和裂毛雪山杜鹃为林线和树线群落优势树种,此外,还伴生有其他灌木和草本。研究范围内主要种类还包括西南花楸 (*Sorbus rehderiana* Koehne)、塔黄 (*Rheum nobile* Hook. f. et Thoms.)、峨眉蔷薇 (*Rosa omelensis* Rolfe)、鸡骨柴 (*Elsholtzia fruticosa* (D. Don) Rehd.)、荨麻叶凤仙花 (*Impatiens urticifolia* Wall.)、腋花扭柄花 (*Streptopus simplex* D. Don)、香根芹 (*Osmorhiza aristata* (Thunb.) Makino et Yabe)、直立悬钩子 (*Rubus stans* Focke)、凉山悬钩子 (*Rubus fockeanus* Kurz.)、冰川茶藨子 (*Ribes glaciale* Wall.)、五裂蟹甲草 (*Parasenecio quinquelobus* (Wall. ex DC.) Y. L. Chen)、矮生柳叶菜 (*Epilobium kingdonii* Raven)、长鞭红景天 (*Rhodiola fastigiata* (Hook. f. et Thoms.) S. H. Fu) 和宽叶薹草 (*Carex siderosticta* Hance) 等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查和样品采集 于 2020 年 8 至 9 月,参照曹同等^[10]的研究方法,在色季拉山东坡海拔 3 700~4 400 m 范围设置 7 个面积 $100 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的样地,样地基本情况见表 1。选择样地内树干附生苔藓植物分布较丰富且胸径大于 30 cm 的裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉的树干为调查对象,其中,裂毛雪山杜鹃 20 株、方枝柏 26 株、急尖长苞冷杉 32

表 1 供试样地基本情况
Table 1 Basic situation of the test plots

样地编号 No. of plot	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔/m Altitude	坡度/(°) Slope	植被类型 Vegetation type
A ₁	E94°42'22"	N29°39'19"	4 400	32	高山灌丛 Alpine shrub
A ₂	E94°42'23"	N29°39'14"	4 370	28	高山灌丛 Alpine shrub
A ₃	E94°42'46"	N29°39'23"	4 212	38	方枝柏-裂毛雪山杜鹃林 <i>Juniperus saltuaria-Rhododendron aganniphum</i> var. <i>schizopeplum</i> forest
A ₄	E94°42'40"	N29°39'36"	4 120	31	裂毛雪山杜鹃林 <i>Rhododendron aganniphum</i> var. <i>schizopeplum</i> forest
A ₅	E94°42'52"	N29°39'57"	4 014	38	急尖长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> var. <i>smithii</i> forest
A ₆	E94°42'37"	N29°38'53"	3 880	25	急尖长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> var. <i>smithii</i> forest
A ₇	E94°42'58"	N29°38'51"	3 700	34	急尖长苞冷杉林 <i>Abies georgei</i> var. <i>smithii</i> forest

株。分别在树干距地面 0(基部)、50、100 和 150 cm 处,在树干东部、南部、西部和北部分别设置调查样框,用面积 20 cm×20 cm (400 cm²) 的铁丝网调查树干附生藓类植物的物种组成和盖度,再将样框内的苔藓植物全部采集并带回实验室。

1.2.2 种类鉴定和生物量测量 将野外采集的样品整理和分类,根据《西藏苔藓植物志》^[11]、《中国苔藓志》^[12-18]、《中国生物物种名录》^[19]和《中国广义真藓科植物分类学研究》^[20]对本标本进行鉴定,凭证标本均保存于西藏农牧学院高原生态研究所植物标本室。然后将样品置于 80 °C 烘箱中烘至恒质量,使用电子天平(精度 0.01 g)称量。将上述面积 400 cm²样框内的平均生物量换算成面积 1 m²的平均生物量。

1.3 数据处理和分析

利用 EXCEL 2010 软件统计和分析数据及绘图,利用 SPSS 20.0 软件进行单因素方差分析。

2 结果和分析

2.1 色季拉山东坡树干附生藓类植物的物种组成

通过对色季拉山东坡树干附生藓类植物进行调

查、整理和鉴定,结果(表 2)显示:调查样地中裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉树干附生藓类植物共有 19 科 33 属 57 种(含变种,下同)。其中,优势科为曲尾藓科(Dicranaceae)、紫萼藓科(Grimmiaceae)和提灯藓科(Mniaceae),主要树干附生藓类包括错那曲尾藓(*Dicranum conanenum* Gao)、青毛藓(*Dicranodontium denudatum* (Brid.) Britt.)、泛生丝瓜藓(*Pohlia cruda* (Hedw.) Lindb.)、真藓(*Bryum argenteum* Hedw.)、丛生真藓(*Bryum caespitium* Hedw.)、白毛砂藓(*Racomitrium albopiliferum* Gao et Cao)、多枝砂藓(*Racomitrium laetum* Besch. et Card.)、喜马拉雅砂藓(*Racomitrium himalayanicum* (Mitt.) Jaeg.)、塔藓(*Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G.)、提灯藓(*Mnium hornum* Hedw.)、匐灯藓(*Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop.)和毛梳藓(*Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not.)等。

调查结果还显示:树干附生藓类在树干基部(距地面 0 cm 处)的分布面积为 1 250 cm²,共 42 种;在树干距地面 50 cm 处的分布面积为 840 cm²,共 31 种;在树干距地面 100 cm 处的分布面积为 220 cm²,共 13 种;而在树干距地面 150 cm 处的分布面积和种类均

表 2 色季拉山东坡树干附生藓类植物种类组成
Table 2 Species composition of epiphytic mosses on trunks on the eastern slope of Sygera Mountain

科 Family	属 Genus	种 Species
曲尾藓科 Dicranaceae	曲尾藓属 <i>Dicranum</i>	错那曲尾藓 <i>Dicranum conanenum</i> 无齿曲尾藓 <i>Dicranum gymnostomum</i>
	曲背藓属 <i>Oncophorus</i>	曲背藓 <i>Oncophorus wahlenbergii</i>
	青毛藓属 <i>Dicranodontium</i>	青毛藓 <i>Dicranodontium denudatum</i> 山地青毛藓 <i>Dicranodontium didictyon</i>
	曲柄藓属 <i>Campylopus</i>	狭叶曲柄藓 <i>Campylopus subulatus</i> 狭叶曲柄藓平肋变种 <i>Campylopus subulatus</i> var. <i>schimperii</i>

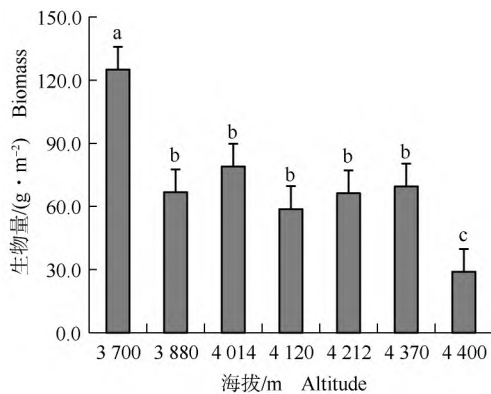
续表2 Table 2 (Continued)

科 Family	属 Genus	种 Species
	小曲尾藓属 <i>Dicranella</i>	红色异毛藓 <i>Dicranella varia</i> 多形小曲尾藓 <i>Dicranella heteromalla</i>
真藓科 Bryaceae	丝瓜藓属 <i>Pohlia</i>	泛生丝瓜藓 <i>Pohlia cruda</i> 明齿丝瓜藓 <i>Pohlia hyaloperistoma</i> 黄柄广口藓 <i>Pohlia lutescens</i> 狭叶丝瓜藓 <i>Pohlia timmioides</i>
	真藓属 <i>Bryum</i>	真藓 <i>Bryum argenteum</i> 拟三列真藓 <i>Bryum pseudotriquelrum</i> 丛生真藓 <i>Bryum caespiticium</i>
青藓科 Brachytheciaceae	青藓属 <i>Brachythecium</i>	多褶青藓 <i>Brachythecium buchananii</i> 密枝青藓 <i>Brachythecium amnicolum</i> 斜枝青藓 <i>Brachythecium campylohallum</i>
丛藓科 Pottiaceae	毛口藓属 <i>Trichostomum</i>	卷叶毛口藓 <i>Trichostomum involutum</i>
	扭藓属 <i>Tortella</i>	长叶扭藓 <i>Tortella tortuosa</i>
	墙藓属 <i>Tortula</i>	短尖叶墙藓 <i>Tortula schmidii</i>
紫萼藓科 Grimmiaceae	紫萼藓属 <i>Grimmia</i>	卵叶紫萼藓 <i>Grimmia ovalis</i>
	砂藓属 <i>Racomitrium</i>	白毛砂藓 <i>Racomitrium albipiliferum</i> 兜叶砂藓 <i>Racomitrium cucullatum</i> 异枝砂藓 <i>Racomitrium heterostichum</i> 喜马拉雅砂藓 <i>Racomitrium himalayanaum</i> 多枝砂藓 <i>Racomitrium laetum</i>
塔藓科 Hylocomiaceae	塔藓属 <i>Hylocomium</i>	塔藓 <i>Hylocomium splendens</i>
	赤茎藓属 <i>Pleurozium</i>	赤茎藓 <i>Pleurozium schreberi</i>
羽藓科 Thuidiaceae	羽藓属 <i>Thuidium</i>	大羽藓 <i>Thuidium cymbifolium</i>
	锦丝藓属 <i>Actinothuidium</i>	锦丝藓 <i>Actinothuidium hookeri</i>
金发藓科 Polytrichaceae	小金发藓属 <i>Pogonatum</i>	刺边小金发藓 <i>Pogonatum cirratum</i> 全缘小金发藓 <i>Pogonatum perichaetiale</i>
提灯藓科 Mnieceae	提灯藓属 <i>Mnium</i>	提灯藓 <i>Mnium hornum</i> 异叶提灯藓 <i>Mnium heterophyllum</i> 长叶提灯藓 <i>Mnium lycopodioides</i>
	匐灯藓属 <i>Plagiomnium</i>	密集匐灯藓 <i>Plagiomnium confertidens</i> 匐灯藓 <i>Plagiomnium cuspidatum</i> 毛齿匐灯藓 <i>Plagiomnium tezukae</i> 日本匐灯藓 <i>Plagiomnium japonicum</i> 侧枝匐灯藓 <i>Plagiomnium plagiomnium</i>
灰藓科 Hypnaceae	灰藓属 <i>Hypnum</i>	灰藓 <i>Hypnum cupressiforme</i> 大灰藓 <i>Hypnum plumaeforme</i>
	毛梳藓属 <i>Ptilium</i>	毛梳藓 <i>Ptilium crista-castrensis</i>
	长灰藓属 <i>Herzogiella</i>	明角长灰藓 <i>Herzogiella striatella</i>
棉藓科 Plagiotheciaceae	棉藓属 <i>Plagiothecium</i>	台湾棉藓 <i>Plagiothecium formosicum</i> 圆条棉藓 <i>Plagiothecium cavifolium</i>
葫芦藓科 Funariaceae	立碗藓属 <i>Physcomitrium</i>	立碗藓 <i>Physcomitrium sphaericum</i>
白齿藓科 Leucodontaceae	白齿藓属 <i>Leucodon</i>	长叶白齿藓 <i>Leucodon subulatus</i>
薄罗藓科 Leskeaceae	薄罗藓属 <i>Leskea</i>	薄罗藓 <i>Leskea polycarpa</i>
牛毛藓科 Ditrichaceae	牛毛藓属 <i>Ditrichum</i>	牛毛藓 <i>Ditrichum heteromallum</i>
绢藓科 Entodontaceae	绢藓属 <i>Entodon</i>	厚角绢藓 <i>Entodon concinnus</i>
木灵藓科 Orthotrichaceae	卷叶藓属 <i>Ulota</i>	卷叶藓 <i>Ulota crispa</i>
锦藓科 Sematophyllaceae	小锦藓属 <i>Brotherella</i>	赤茎小锦藓 <i>Brotherella erythrocaulis</i>
平藓科 Neckeraaceae	平藓属 <i>Neckera</i>	八列平藓 <i>Neckera konoi</i>
	片藓属 <i>Circulifolium</i>	片藓 <i>Circulifolium microdendron</i>

高于树干距地面 100 cm 处,分布面积为 550 cm²,共 25 种。其中,在树干基部,真藓科(Bryaceae)、青藓科(Brachytheciaceae)、羽藓科(Thuidiaceae)、金发藓科(Polytrichaceae)、提灯藓科、塔藓科(Hylocomiaceae)和灰藓科(Hypnaceae)共分布有 28 种,曲尾藓科、青藓科、紫萁藓科、木灵藓科(Orthotrichaceae)和平藓科(Neckeraceae)种类在树干基部以上呈随机分布,这些种类构成了色季拉山东坡树干附生藓类植物的主要成分。急尖长苞冷杉树干附生藓类种类最多,有 15 科 27 属 42 种;方枝柏树干附生藓类有 10 科 21 属 31 种;裂毛雪山杜鹃树干附生藓类有 7 科 14 属 22 种。此外,树干越粗,其上分布的藓类种类越多。

2.2 色季拉山东坡不同海拔树干附生藓类生物量的变化特征

在海拔 3 700~4 400 m 的范围内,色季拉山东坡不同海拔树干附生藓类生物量的变化特征见图 1。由图 1 可以看出:树干附生藓类生物量随着海拔的升高波动减小。海拔 3 700 m 处树干附生藓类生物量最大(125.00 g·m⁻²),显著高于其他海拔;海拔 4 400 m 处其生物量最小(29.00 g·m⁻²),显著低于其他海拔。



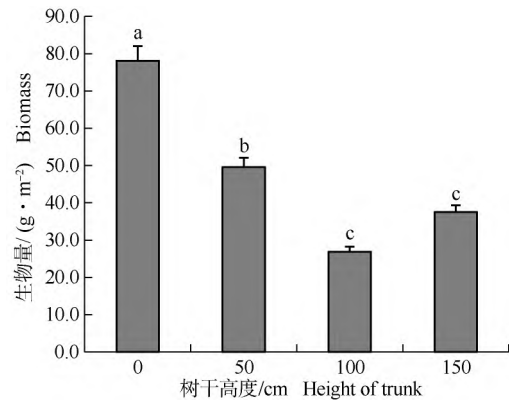
不同小写字母表示不同海拔间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases indicate the significant ($P < 0.05$) difference among different altitudes.

图 1 色季拉山东坡不同海拔树干附生藓类生物量的变化
Fig. 1 Change in biomass of epiphytic mosses on trunks at different altitudes of the eastern slope of Sygera Mountain

2.3 色季拉山东坡不同树干高度附生藓类生物量的变化特征

色季拉山东坡不同树干高度附生藓类生物量的变化特征见图 2。由图 2 可以看出:不同树干高度附生藓类生物量存在一定差异,其中,树干基部(距地

面 0 cm 处)附生藓类的生物量最大(78.10 g·m⁻²),显著 ($P < 0.05$) 高于其他树干高度;其次为树干距地面 50 cm 处,树干附生藓类生物量为 49.60 g·m⁻²,显著高于树干距地面 100 和 150 cm 处;树干距地面 100 和 150 cm 处的树干附生藓类生物量较小,分别为 26.90 和 37.50 g·m⁻²,且二者间差异不显著 ($P > 0.05$)。



不同小写字母表示不同树干高度间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases indicate the significant ($P < 0.05$) difference among different heights of trunks.

图 2 色季拉山东坡不同树干高度附生藓类生物量的变化
Fig. 2 Change in biomass of epiphytic mosses at different heights of trunks on the eastern slope of Sygera Mountain

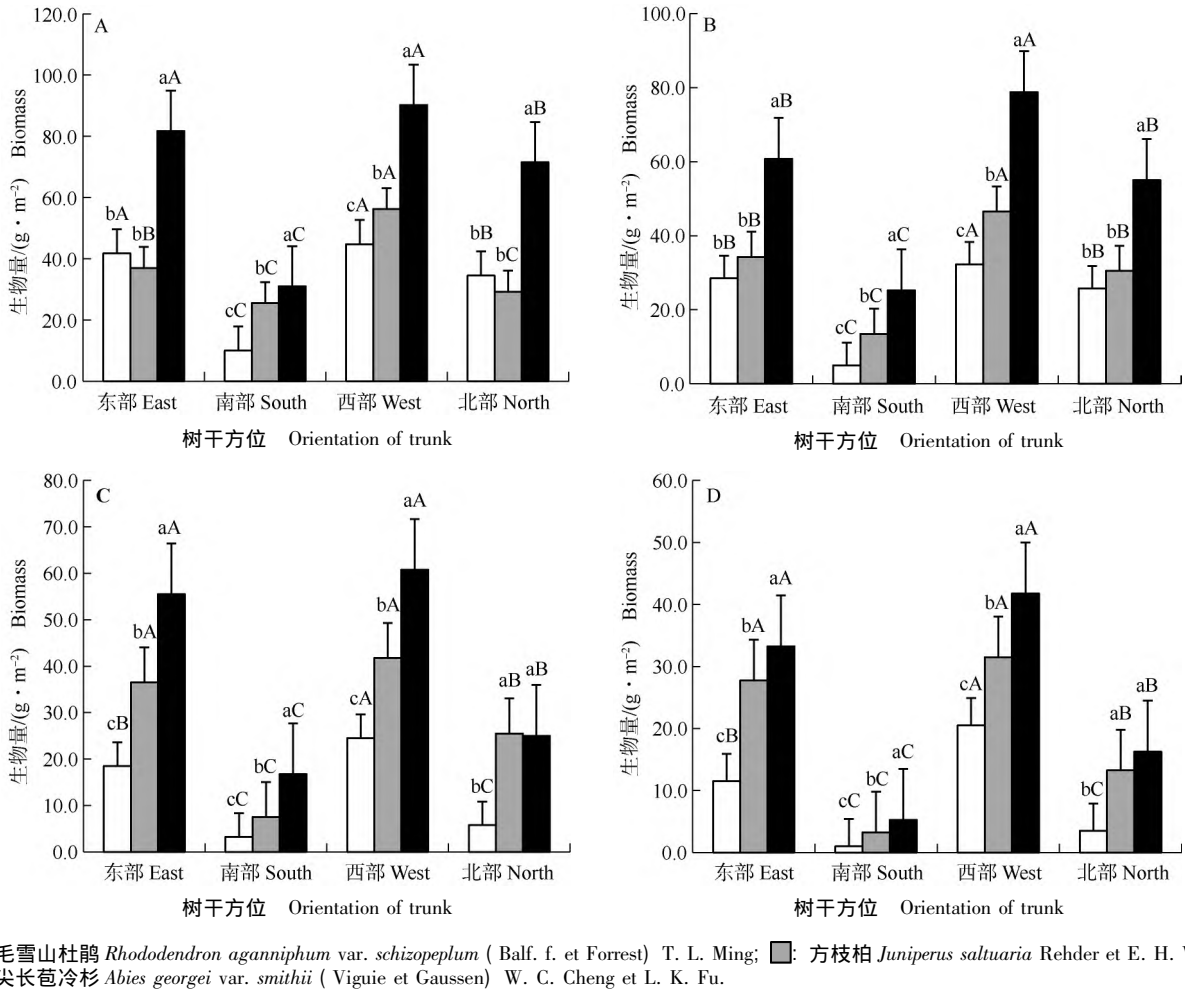
2.4 色季拉山东坡不同树种及不同树干方位附生藓类生物量的比较

色季拉山东坡不同树种及不同树干方位附生藓类的生物量见图 3。在树干基部(距地面 0 cm 处)(图 3-A),从同一树种的不同树干方位看,裂毛雪山杜鹃和急尖长苞冷杉树干东部和西部间附生藓类生物量均差异不显著 ($P > 0.05$),而树干南部和北部间附生藓类生物量差异显著 ($P < 0.05$);方枝柏树干西部附生藓类生物量显著高于其他 3 个方位,树干东部附生藓类生物量次之,显著高于树干南部和北部,而后二者间差异不显著。从同一树干方位比较不同树种,在树干南部和西部,裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉三者间的树干附生藓类生物量差异显著;在树干东部和北部,急尖长苞冷杉树干附生藓类生物量显著高于裂毛雪山杜鹃和方枝柏,而后二者间差异不显著。

在树干距地面 50 cm 处(图 3-B),从同一树种的不同树干方位看,裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉树干西部附生藓类生物量均显著高于其他 3 个

方位, 3 个树种树干东部附生藓类生物量均与树干北部差异不显著, 但均显著高于树干南部。从同一树干方位比较不同树种, 在树干南部和西部, 裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉三者间的树干附生藓类生

物量差异显著; 在树干东部和北部, 急尖长苞冷杉树干附生藓类生物量显著高于裂毛雪山杜鹃和方枝柏, 而后二者间差异不显著, 该结果与树干基部的比较结果完全一致。



□: 裂毛雪山杜鹃 *Rhododendron aganniphum* var. *schizopeplum* (Balf. f. et Forrest) T. L. Ming; ▒: 方枝柏 *Juniperus saltuaria* Rehder et E. H. Wilson; ■: 急尖长苞冷杉 *Abies georgei* var. *smithii* (Viguie et Gaussen) W. C. Cheng et L. K. Fu.

不同小写字母表示同一树干方位不同树种间差异显著 ($P < 0.05$) Different lowercases indicate the significant ($P < 0.05$) difference among different tree species of the same orientation of trunks; 不同大写字母表示同一树种不同树干方位间差异显著 ($P < 0.05$) Different uppercases indicate the significant ($P < 0.05$) difference among different orientations of trunks of the same tree species.

A: 树干基部(距地面 0 cm 处) Base of trunk (0 cm to the ground); B: 树干距地面 50 cm 处 50 cm of trunk to the ground; C: 树干距地面 100 cm 处 100 cm of trunk to the ground; D: 树干距地面 150 cm 处 150 cm of trunk to the ground.

图 3 色季拉山东坡不同树种不同树干方位附生藓类生物量的比较结果
Fig. 3 Result of comparison on biomass of epiphytic mosses on different orientations of trunks of different tree species on the eastern slope of Sygera Mountain

在树干距地面 100 cm 处(图 3-C), 从同一树种的不同树干方位看, 方枝柏和急尖长苞冷杉树干东部和西部间附生藓类生物量差异不显著, 但显著高于树干南部和北部, 而后二者间差异显著; 裂毛雪山杜鹃树干西部附生藓类生物量显著高于其他 3 个树干方位, 树干东部附生藓类生物量显著高于树干南部和北

部, 而后二者间差异不显著。从同一树干方位比较不同树种, 在树干东部、南部和西部, 裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉三者间的树干附生藓类生物量均差异显著; 在树干北部, 方枝柏和急尖长苞冷杉间的树干附生藓类生物量差异不显著, 但显著高于裂毛雪山杜鹃。

在树干距地面 150 cm 处(图 3-D)同一树种同一树干方位附生藓类生物量与树干距地面 100 cm 处存在差异,但 2 个树干高度在同一树种不同树干方位间以及同一树干方位不同树种间树干附生藓类生物量的差异显著性分析结果完全一致。

总体来看,在树干的同一高度和不同方位,3 个树种中急尖长苞冷杉树干附生藓类生物量最大,均值为 $46.80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;其次为方枝柏,均值为 $28.73 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$;裂毛雪山杜鹃树干附生藓类生物量最小,均值仅为 $19.44 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从树干方位看,不同树干高度 3 个树种树干附生藓类生物量均为树干西部最大,树干东部次之,树干北部再次之,树干南部最小。随着树干高度的升高,3 个树种以及 4 个树干方位附生藓类生物量总体上逐渐减少。

3 讨论和结论

3.1 树干附生藓类物种组成特点及其生物量变化特征

树干附生苔藓植物物种组成和多样性对山地森林生态系统组成和植被评价具有十分重要的意义。色季拉山东坡 7 个样地的调查结果显示:裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉树干附生藓类植物共有 19 科 33 属 57 种,优势科为曲尾藓科、紫萁藓科和提灯藓科,树干附生藓类以错那曲尾藓、青毛藓、泛生丝瓜藓、真藓、丛生真藓、白毛砂藓、多枝砂藓、喜马拉雅砂藓、塔藓、提灯藓、匐灯藓和毛梳藓为主。

此外,急尖长苞冷杉树干上分布的藓类最多,共 15 科 27 属 42 种;其次为方枝柏,共 10 科 21 属 31 种;裂毛雪山杜鹃树干上分布的藓类最少,共 7 科 14 属 22 种。这是因为在所调查的 3 个树种中,急尖长苞冷杉的树皮最粗糙,有利于苔藓植物附生;方枝柏的树皮较粗糙,裂毛雪山杜鹃的树皮光滑,相对不利于苔藓植物附生。在树干基部,真藓科、青藓科、羽藓科、金发藓科、提灯藓科、塔藓科和灰藓科分布较多,曲尾藓科、青藓科、紫萁藓科、木灵藓科和平藓科在树干基部以上呈随机分布。此外还发现,树干越粗,其上分布的藓类种类也越多。

在海拔 3 700~4 400 m 的范围内,色季拉山东坡树干附生藓类生物量随着海拔的升高波动减小。究其原因,位于海拔 3 700 m 处的样地是所调查的 7 个样地中海拔最低的样地,该海拔样地空气较干燥,但

气温高,树干附生藓类体型大,如毛梳藓、塔藓和片藓(*Circulifolium microdendron* (Mont.) S. Olsson, Enroth et D. Quandt)等,这些藓类是该样地树干附生藓类的主要组成部分,相应地该样地树干附生藓类生物量也大。位于海拔 4 400 m 处的样地海拔高,地温和气温偏低,昼夜温差大,降雪早、风大,并且该海拔的样地有大量积雪覆盖,土壤长期处于冻结状态,由于受到这些因子的综合影响,环境不利于藓类植物的生长,藓类数量较少,体型也相对矮小,从而导致该样地树干附生藓类生物量最小。

3.2 树干不同部位附生藓类植物生物量变化特征

本研究中 4 个树干高度附生藓类生物量有一定差异,树干基部(距地面 0 cm 处)最大,然后依次为树干距地面 50、150、100 cm 处。这是因为树干基部树皮容易吸收到来自地面的水分,吸附在树皮上的水分越充足,藓类生物量越大。越是远离树干基部,树皮上吸附的水分越少,致使藓类生物量相应越小。树皮上吸附的水分,除了一部分来自地面,另一部分则来自降水形成的穿透雨或树干径流,沿着树冠到树干基部,树干径流逐渐减小,对部分植株而言,距地面 150 cm 处树皮的含水量高于距地面 100 cm 处,从而导致距地面 150 cm 处附生藓类植物生物量大于距地面 100 cm 处。

另外,就裂毛雪山杜鹃、方枝柏和急尖长苞冷杉树干附生藓类生物量的平均值而言,3 个树种树干西部附生藓类生物量的均值最大,然后依次为树干东部、北部、南部。究其原因,由于调查样地位于色季拉山东坡,树体大多朝东倾斜,因此,树体西部接受的降水最多,而且树体的倾斜度越大,树体接受的降水越多,这造成树干西部树皮的湿度最大。雨水受到重力作用,多余的水分从树干西部顺势流经树干南部和北部,最后汇聚到树干东部,所以树体东部的树皮较湿润,附生的藓类也较多,其生物量也较大。

总之,色季拉山东坡树干附生藓类生物量受样地海拔及藓类在树干上的高度和方位综合影响。由于影响树干附生藓类生长的影响因子较多,如光照、树干倾斜度、森林类型和林冠郁闭度等,后续研究可针对这些因子进一步开展。

参考文献:

- [1] 丛明旸,徐跃跃,唐录艳. 镜泊湖世界地质公园火山熔岩台地苔藓植物多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(6): 57-65.

- [2] 凌雷,魏强,柴春山,等.甘肃兴隆山主要森林类型苔藓生物量及其影响因子[J].中国水土保持,2016(10):60-64.
- [3] 郭水良,曹同.长白山地区森林生态系统树附生苔藓植物群落分布格局研究[J].植物生态学报,2000,24(4):442-450.
- [4] 刘俊华,包维楷.冷杉天然林下地表主要苔藓斑块生物量及其影响因素[J].植物学通报,2006,23(6):684-690.
- [5] 马和平,郑维列,石玉龙,等.藏东南色季拉山苔藓植物垂直分布特征初步研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(5):102-109.
- [6] 田悦,赵正武,刘艳.西藏东部高寒草甸苔藓植物群落数量分类与排序[J].生态学报,2022,42(2):755-765.
- [7] 张薇,宋晓彤,王晓蕊,等.西藏棉藓科植物新记录[J].西北植物学报,2020,40(5):888-891.
- [8] 宋晓彤,樊英杰,李微,等.西藏护蒴苔科植物分布新记录3种[J].植物资源与环境学报,2019,28(3):117-119.
- [9] 马和平,郑维列,邵小明,等.藏东南色季拉山(西坡)地面生藓类植物物种组成的初步研究[J].植物资源与环境学报,2018,27(1):115-117.
- [10] 曹同,郭水良.长白山主要生态系统苔藓植物的多样性研究[J].生物多样性,2000,8(1):50-59.
- [11] 中国科学院青藏高原综合科学考察队.西藏苔藓植物志[M].北京:科学出版社,1985:33-443.
- [12] 高谦.中国苔藓志:第一卷[M].北京:科学出版社,1994:76-200.
- [13] 黎兴江.中国苔藓志:第三卷[M].北京:科学出版社,2000:70-94.
- [14] 黎兴江.中国苔藓志:第四卷[M].北京:科学出版社,2006:119-150.
- [15] 吴鹏程,贾渝.中国苔藓志:第五卷[M].北京:科学出版社,2011:173.
- [16] 吴鹏程.中国苔藓志:第六卷[M].北京:科学出版社,2002:137.
- [17] 胡人亮,王幼芳.中国苔藓志:第七卷[M].北京:科学出版社,2005:260.
- [18] 吴鹏程,贾渝.中国苔藓志:第八卷[M].北京:科学出版社,2004:254.
- [19] 贾渝,何思.中国生物物种名录:第一卷植物[M].北京:科学出版社,2013:54-205.
- [20] 赵建成,刘永英.中国广义真藓科植物分类学研究[M].石家庄:河北科学技术出版社,2021:157-400.

(责任编辑:张明霞)

欢迎订阅 2023 年《植物资源与环境学报》

《植物资源与环境学报》为江苏省中国科学院植物研究所和江苏省植物学会联合主办的学术刊物,国内外公开发行。本刊为全国中文核心期刊(北大核心)、中国科技核心期刊和中国科学引文数据库核心期刊(CSCD核心),并为BA(预评)、CAB、BCI、JST、中国生物学文摘、中国环境科学文摘、中国科学引文数据库、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)、超星期刊域出版平台和中文科技期刊数据库等国内外著名刊库收录。2013年荣获“首届江苏省新闻出版政府奖·期刊奖”及江苏省精品科技期刊项目;2015年荣获“第六届江苏省科技期刊金马奖·精品期刊奖”;2015年至2022年均荣获江苏省精品科技期刊项目;2021年荣获“第三届江苏省新闻出版政府奖·期刊奖提名奖”。

本刊围绕植物资源与环境两个中心命题,报道我国植物资源的考察、开发利用和植物物种多样性保护,自然保护区与植物园的建设和管理,植物在保护和美化环境中的作用,环境对植物的影响以及与植物资源和植物环境有关学科领域的原始研究论文、研究简报和综述等。凡从事植物学、生态学、自然地理学以及农、林、园艺、医药、食品、轻化工和环境保护等

领域的科研、教学、技术人员及决策者均可以从本刊获得相关学科领域的研究进展和信息。

本刊为双月刊,大16开本,每期100页。全国各地邮局均可订阅,邮发代号28-213,每期定价26元,全年定价156元。国内统一连续出版物号CN32-1339/S,国际标准连续出版物号ISSN1674-7895。若错过征订时间或需补齐1992年至2023年各期,请直接与编辑部联系邮购。1992年至1993年每年8元;1994年至2000年每年16元;2001年至2005年每年24元;2006年至2008年每年40元;2009年至2011年每年60元;2012年至2019年每年80元;2020年至2021年每年120元;2022年至2023年每年156元(均含邮资,如需挂号另付挂号费3元;快递到付)。

编辑部地址:江苏省南京市玄武区中山门外前湖后村1号江苏省中国科学院植物研究所内(邮编210014);电话:025-84347014;QQ:2219161478;E-mail:zwzybjb@163.com。本刊目前只接收在线投稿,投稿网址: <http://zwzy.cnbg.net>。

本刊已开通微信公众号,欢迎您扫码关注。

