

藏东南色季拉山苔藓植物垂直分布特征初步研究

马和平^{a,b,c}, 郑维列^{a,b,c}, 石玉龙^{a,b,c}, 东 主^{a,b,c}

(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, 西藏 林芝 860000)

【摘 要】 【目的】研究藏东南色季拉山苔藓植物的垂直分布特征,为苔藓植物分布及环境适应性的进一步研究提供基本资料。【方法】在藏东南色季拉山海拔 3 600~4 400 m 区域,每上升 100 m 设置 10 m×10 m 的样地 1 个,每个样地内每隔 2 m 再设置 1 个 50 cm×50 cm 的小样方,每个样地内共设 25 个小样方,采集每个小样方中的苔藓植物样本并带回实验室鉴定到种,同时调查苔藓植物的生活型和生长基质,分析苔藓植物科属种、生活型和生态群落类型随海拔升高的分布情况。【结果】共采集到 2 390 份苔藓标本,鉴定表明,藏东南色季拉山共有苔藓植物 29 科 78 属 151 种,其中苔类 5 科 5 属 6 种,藓类 24 科 73 属 145 种,科属种数量随海拔升高呈先增后减的变化趋势。优势科为曲尾藓科(Dicranaceae)、真藓科(Bryaceae)、丛藓科(Pottiaceae)、金发藓科(Polytrichaceae)、提灯藓科(Mniaceae)和灰藓科(Hypnaceae),优势属分别是丝瓜藓属(*Pohlia*)、小金发藓属(*Pogonatum*)和棉藓属(*Plagiothecium*)。曲尾藓科和灰藓科在每个海拔均有分布,丛藓科、丝瓜藓属在 4 400 m 区域分布广泛,金发藓科、真藓科、提灯藓科及丝瓜藓属、小金发藓属、棉藓属在海拔 3 700~4 300 m 区域均有广泛分布。在 3 600 m 区域,藓类植物大多以土生和石生群落为主,生活类型以交织型和丛集型为主;在 3 700~4 300 m 区域,藓类植物以土生群落、岩面薄土生群落和树附生群落为主,生活类型以丛集型、交织型和平铺型为主;在 4 400 m 区域,藓类植物以石生群落和岩面薄土生群落为主,生活类型以丛集型为主;整个研究区苔藓植物以土生群落最多,湿生群落分布范围最窄、数量最少。【结论】随海拔升高,色季拉山苔藓植物具有明显的垂直分布规律。

【关键词】 苔藓植物;垂直分布;群落类型;色季拉山

【中图分类号】 Q949.35;Q948.15⁺5

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2019)05-0102-08

A preliminary study on vertical distribution of bryophytes in Sygera Mountains in southeast of Tibet

MA Heping^{a,b,c}, ZHENG Weilie^{a,b,c}, SHI Yulong^{a,b,c}, DONG Zhu^{a,b,c}

(a Res. Institute of Tibet Plateau Ecology, b Tibet Key Laboratory of Forest Ecology in Plateau Area,
Ministry of Education, c National Key Station of Field Scientific Observation & Experiment, Tibet
Agriculture & Animal Husbandry University, Nyingchi, Tibet 860000, China)

Abstract: 【Objective】For the sake of providing basic data for further study on the distribution and environmental adaptability of bryophytes, the vertical distribution characteristics of bryophytes in Sygera Mountains in the southeast of Tibet were studied. 【Method】Along with the ranges from 3 600 to 4 400 m in Sygera Mountains in the southeast of Tibet, we set a 10 m×10 m samples every altitude 100 m and every 2 m to set up a 50 cm×50 cm sample which include a total of 25 samples. All of bryophytes in the plots were collected and taken to the laboratory to identify the species. At the same time, we investigated of bry-

【收稿日期】 2018-02-22

【基金项目】 国家自然科学基金应急管理项目(31640010);西藏特色农牧资源研发协同创新中心高原生态项目;西藏自治区自然科学基金项目(2016ZR-15-41)

【作者简介】 马和平(1977—),男,甘肃陇西人,在读博士,主要从事西藏高原生态和全球变化研究。E-mail: 285477889@qq.com

【通信作者】 郑维列(1963—),男,浙江玉环人,博士,教授,主要从事高原生态和植物学研究。E-mail: weiliezhang@126.com

ophyte life forms and growth matrix for analysis of bryophytes in plots, distribution of life and ecological communities types increases with altitude. 【Result】 The result showed that based on collected and identification of a total 2 390 specimens, we recorded 151 bryophytes belonging to 78 genera and 29 families, among which were 6 liverworts belonging to 5 genera of 5 families and 145 mosses belonging to 73 genera of 24 families. And the number of families, genera and species increased firstly and then decreased with altitude. Dicranaceae, Bryaceae, Pottiaceae, Polytrichaceae, Mniaceae and Hypnaceae were dominant families. *Pohlia*, *Pogonatum* and *Plagiothecium* were dominant genera. The families of Dicranaceae and Hypnaceae were widely distributed at each altitude, the families of Pottiaceae and the genera of *Pohlia* were widely distributed in area of 4 400 m, Polytrichaceae, Bryaceae and Mniaceae, *Pohlia*, *Pogonatum* and *Plagiothecium* have a large number of distribution in the area of 3 700—4 300 m. The community of bryophytes were mainly soil-community and rock-community and their life types were mainly weft and turf in the low altitude in the area of 3 600 m. The community were soil-community, lithosphere-community and tree-community and turf, weft and mat were their life types in the area of 3 700—4 300 m. The communities were rock-community and lithosphere-community and turf were their life types in the area of 4 400 m. In the whole study area, soil-community was the most, but the wet community distribution range was the narrowest and the number was the least, too. 【Conclusion】 With the increase of altitude, the bryophytes have obvious vertical distribution in Sygera Mountains.

Key words: bryophytes; vertical distribution; community-type; Sygera Mountains

物种与环境之间的关系是生态学研究的重要内容,定量分析二者之间的相互关系,有助于了解物种分布的空间特征,从而为人们制定物种多样性保护对策及进一步管理、利用植物资源提供理论依据^[1-2]。由于植物与环境因子之间的复杂关系及众多环境因子间的交互作用,使得探索环境因子对物种分布及多样性影响的相关研究显得尤为重要。苔藓植物是一类以孢子繁殖、从水生向陆生过渡的高等植物,虽然苔藓植物个体微小、结构简单,但具有特殊的生理机制,在植物的演化中具有特殊的地位^[3]。苔藓植物也是构成生态系统结构、维持生态系统功能和稳定的成分之一^[4]。许多研究表明,苔藓植物对环境变化敏感,在植被变迁、水土保持、环境监测、森林更新及整体性的指示方面有着重要的作用^[5-8]。苔藓植物具有独特的形态和遗传性状,其环境和地理分布既有与其他植物相类同的分布特性,也有自身的分布类型^[9]。苔藓植物个体微小,但是对生存环境非常敏感,要求的生境条件在种间亦有差异,群落的形成不仅与其生活习性相关,而且与所处的生态环境密切相关。在区域尺度上,气候对动植物分布的影响已得到学者们的广泛认可,而在景观及更小尺度上,地形、土壤等环境因子主导着植被的分布格局^[10-11]。物种沿环境梯度的变化规律是生物多样性研究的重要内容,就此方面而言,海拔作为地理梯度,包含了温度、湿度和光照等多种环境因

子,被认为是植物物种、植物区系、植物群落和生态系统的决定因素^[12-13]。山地植被物种多样性随海拔梯度的变化规律也一直是生态学家感兴趣的问题^[14-15]。故此,在不同研究区域,对物种随海拔的变化进行研究显得非常必要。

我国青藏高原由于海拔较高,气候寒冷,被喻为“世界第三极”,是气候变化的敏感区和脆弱区。西藏色季拉山地处青藏高原中纬度地区的林芝市境内。中国的一些学者先后研究了苔藓植物物种多样性及多度在不同地区随海拔变化的规律,如罗先真等^[16]进行了贵州省月亮山自然保护区苔藓植物垂直分布的初步研究,郑桂灵等^[17]进行了湖北省九宫山藓类植物垂直分布的初步研究等。虽然国内有对苔藓植物垂直分布的研究报道,但关于西藏色季拉山苔藓植物垂直分布的研究尚鲜见报道。因此,本研究探讨了色季拉山苔藓植物在不同海拔梯度科属种数量的变化及其垂直分布特征,旨在为进一步研究该区域苔藓植物的分布及其环境适应性提供基础资料。

1 研究区概况

色季拉山位于西藏东南部林芝市境内,是念青唐古拉山余脉与喜马拉雅山东部向北发展的山系接合部,海拔 2 200~5 400 m,地理坐标 29°10′~30°15′N, 93°12′~95°35′E。色季拉山地区是藏东南

主要林区之一,植被属于亚高山寒温带森林。其地貌类型多样,山体上部有各类冰川地貌,山体中上部至下部,西有开阔河谷,东有高峡谷,下至著名的雅鲁藏布江大拐弯。亚高山寒温带冷湿暗针叶林带分布于山体海拔 3 400~4 300 m,主要由急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii*)组成,间有落叶松(*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen)、云杉(*Picea asperata* Mast.),林下多种杜鹃(*Rhododendron*)伴生;此带的上缘 4 300~4 500 m 还分布有方枝柏(*Sabina saltuaria* (Rehd. et Wils) Chenget W. T. Wang)疏林;由山地温带至亚高山寒温带,即 4 200 m 区域还断续分布有落叶阔叶林,下段多桤木属(*Clethra gronov. ex L.*)和杨属(*Populus L.*)、槭属(*Acer L.*)植物,上段多山杨(*Populus davidiana*)、桦木(*Betula platyphylla*)等。亚高山、高山冷湿灌丛草甸植被主要分布于海拔 4 300~4 600 m 地带,由多种杜鹃、高山柳类、大黄属(*Rheum L.*)、红景天属(*Rhodiola L.*)等植物组成。灌丛、草甸植被也有分布,如山地温带半湿润-半干旱区河谷阶地的中-旱生灌丛和河阶洼地的草甸群丛。色季拉山海拔 4 500~5 400 m 处,属于高山冻融流石滩地带,分布有荒漠植被,主要有风毛菊(*Saussurea japonica* (Thunb.) D. C.)和虎耳草属(*Saxifraga* Tourn. ex L.)、红景天属等疏生植被^[18]。

2 研究方法

2.1 野外调查方法

苔藓植物调查采用样方法,样地沿海拔梯度设置,考虑到研究区的不同生境和植被类型,调查区域海拔 3 600~4 400 m,海拔每上升 100 m 设置 10 m×10 m 的样地进行调查,共计 9 个样地。每个样地内采用系统取样方法,每隔 2 m 设置 1 个面积 50 cm×50 cm 的小样方,每个样地内共设 25 个样方,然后根据苔藓植物生长的基质确定其生态群落;同时采集样地内岩石、倒木、地面生苔藓植物,并记录采集地点、海拔和生态群落,将采集标本存放在信封中并记录样方号和生境类型,然后将采集的苔藓植物带回实验室进行归纳、整理,再在显微镜下对苔藓标本逐一进行解剖观察,结合《中国苔藓志》^[19-26]和《西藏苔藓植物志》^[27]鉴定到种。

2.2 不同海拔苔藓植物科属种数量的统计

对相同海拔小样方内的苔藓植物科、属、种数量进行统计,分析色季拉山海拔 3 600~4 400 m 苔藓植物科、属、种数量的分布概况。

2.3 色季拉山苔藓植物垂直分布带的初步划分

色季拉山种子植物属于亚高山寒温带常绿落叶针阔混交林。在垂直地带,随着海拔升高,色季拉山的气候和土壤理化性质均随之发生改变,从而形成了不同的植被垂直分布带。其中,苔藓植物的垂直分布受种子植物植被的影响较为明显,结合该区域种子植物的分布,将苔藓植物的垂直分布初步划分为 3 个带:(1)山地温带凉润暗针叶林苔藓植物带(3 600 m 区域);(2)亚高山寒温带冷湿暗针叶林苔藓植物带(海拔 3 700~4 300 m);(3)亚高山、高山冷湿灌丛草甸植被苔藓植物带(海拔 4 400 m 区域)。对各分布带苔藓植物主要科、种及其群落类型和生活型进行统计与分析。

2.4 苔藓植物优势科的属种统计与海拔分布

综合考虑色季拉山苔藓植物总种数和科内种数,将科内种数达 10 个及以上的科定为优势科,对优势科包含的属、种数量及其分布海拔进行统计与分析。

2.5 苔藓植物优势属的种数统计与海拔分布

综合考虑色季拉山苔藓植物总种数和属内种数,将属内种数达 6 个及以上的属定为优势属,对优势属包含的种数及其分布海拔进行统计与分析。

2.6 苔藓植物不同群落类型的种数统计与海拔分布

苔藓植物群落是指在一定生境中,由一种或多种苔藓植物组成,具有一定外貌特征和结构,经过长期环境因素作用而形成的植物复合体。根据前人对苔藓植物群落的划分方法^[28-30]并结合本研究结果,将色季拉山苔藓植物划分为土生群落、石生群落、岩面薄土生群落、树附生群落和湿生群落等 5 种群落类型,对各群落包含的苔藓种数及其分布海拔进行统计与分析。

2.7 数据分析

利用 Excel 2010 和 SPSS 11.5 进行数据处理与分析。

3 结果与分析

3.1 不同海拔苔藓植物科属种数量的分布

从色季拉山 3 600~4 400 海拔区域共采集到 2 390 份苔藓标本,经过整理、鉴定,初步得知色季拉山分布有苔藓植物 29 科 78 属 151 种,其中苔类 5 科 5 属 6 种,占总物种数的 3.97%;藓类 24 科 73 属 145 种,占总物种数的 96.03%。从表 1 可以看出,随着海拔的升高,苔藓植物科、属、种的数量均呈先

增加后减少的趋势。

表 1 色季拉山不同海拔苔藓植物科属种的分布概况

Table 1 Distribution of bryophytes at different altitudes in Sygera Mountains

样地编号 Sample number	海拔/m Elevation	科数 Families number	属数 Genus number	种数 Species number
1	4 400	10	21	26
2	4 300	14	28	43
3	4 200	17	38	57
4	4 100	17	41	66
5	4 000	18	45	71
6	3 900	17	38	59
7	3 800	16	36	51
8	3 700	15	33	41
9	3 600	10	23	25

3.2 色季拉山苔藓植物垂直分布带的主要特征

3.2.1 山地温带凉润暗针叶林苔藓植物带(3 600 m) 山地温带凉润暗针叶林带处于低海拔区域,建群种以林芝云杉(*Picea likiangensis* var. *linzhien-sis*)、急尖长苞冷杉、西藏红杉(*Larix griffithia-na*)、华山松(*Pinus armandi*)及几种杨树、柳树、川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)等为主。

该地带受人为活动和牲畜活动干扰较大,因此群落结构受到不同程度的破坏,部分区域形成一定面积的林隙或林窗。该分布带的藓类植物主要属于曲尾藓科(Dicranaceae)、真藓科(Bryaceae)、灰藓科(Hypnaceae)和塔藓科(Hylocomiaceae),如棕色曲尾藓(*Dicranum fuscescens* Turn.)、错那曲尾藓(*D. conanenum* Aao.)、青毛藓(*Dicranodontium denudatum* (Brid.) Britt.)、长蒴丝瓜藓(*Pohlia e-longate* Hedw.)、泛生丝瓜藓(*P. cruda* (Hedw.) Lindb.)、明角长灰藓(*Herzogiella striatella* (Brid.) Iwats.)、大灰藓(*Hypnum plumaeforme* Wils.)、毛梳藓(*Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De.)、塔藓(*Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. G.)、薄壁藓(*Leptocladiella psiura* (Mitt.) Fleisch.)等。

该分布带苔藓植物以土生群落和石生群落类型为主。从群落结构看,其种类组成较为单一;按生活型划分,绝大部分为交织型和丛集型。

3.2.2 亚高山寒温带冷湿暗针叶林苔藓植物带(3 700~4 300 m) 亚高山寒温带冷湿暗针叶林主要由急尖长苞冷杉组成,另有多种杜鹃伴生,此带上缘还分布有方枝柏。亚高山暗针叶林带是本研究分布面积较大的林区,小生境呈多元化,主要分布的科有曲尾藓科、丛藓科(Pottiaceae)、灰藓科、真藓科、金发藓科(Polytrichaceae)、青藓科(Brachytheciaceae)、提灯藓科(Mniaceae)等,具体的种有错那曲

尾藓、曲背藓(*Vahlenbergii* Brid.)、长蒴丝瓜藓、泛生丝瓜藓、卷叶毛口藓(*Hattorianum* Tan et Iwats.)、明角长灰藓、大灰藓、赤茎藓(*Schreberi* (Brid.) Mitt.)、曲叶小锦藓(*Curvirostris* (Schwägr.) M. Fleisch.)和赤茎小锦藓(*Erythro-caulis* (Mitt.) M. Fleisch.)等。其中,曲背藓和泛生丝瓜藓在3 700~4 300 m的每个海拔带均有分布,长蒴丝瓜藓、卷叶毛口藓和大灰藓在3 700~4 200 m的每个海拔带均有分布,错那曲尾藓、明角长灰藓和曲叶小锦藓在3 700~4 100 m的每个海拔带均有分布。

本研究带由于海拔高差明显,环境梯度分异大,空气湿度随海拔升高而逐渐增加,形成了苔藓植物最为丰富的植被带。本区域苔藓植物以土生群落、岩面薄土生群落、树附生群落为主,生活型以丛集型、交织型和平铺型为主。

3.2.3 亚高山、高山冷湿灌丛草甸植被苔藓植物带(4 400 m) 亚高山、高山冷湿灌丛草甸植被由多种杜鹃、高山柳类、大黄属、红景天属等植物组成。由于本区域海拔高,地温、气温偏低,昼夜温差大,降雪早,并且多半年有积雪覆盖,因此土壤长期处于冻结状态,再加上山高风大等综合因素的影响,环境逐渐不利于藓类植物的生长,故其苔藓植物不如前两个垂直带丰富,科属种数量明显减少。苔藓植物主要分布的科有曲尾藓科、真藓科、丛藓科和羽藓科(Thuidiaceae),主要分布的种有错那曲尾藓、硬叶拟白发藓(*Paraleucobryum enerve* (Thed.) Loeske)、曲背藓、青毛藓、长蒴丝瓜藓、泛生丝瓜藓、卷叶毛口藓和大羽藓(*Thuidium cymbifolium* Doz. et Molk.)等。该分布带苔藓植物以石生群落和岩面薄土生群落为主,生活型主要为丛集型。

3.3 苔藓植物优势科的属种统计与海拔分布
由表2可知,色季拉山苔藓植物优势科共有6

个,分别为曲尾藓科、真藓科、丛藓科、金发藓科、提灯藓科和灰藓科,这 6 个优势科包含的属占色季拉山苔藓总属数的的 48.72%,其中以真藓科、曲尾藓科和丛藓科包含的种类最为丰富,分别占色季拉山苔藓植物总种数的 16.56%,10.60%和 9.93%。

表 2 色季拉山苔藓植物优势科的属种统计与海拔分布

Table 2 Species statistics and altitude distribution of the dominant family of bryophytes in Sygera Mountains

科名 Family	属 Genus		种 Specie		海拔/m Elevation
	属数 Genus number	占总属数的比例/% Percentage of total genera	种数 Species number	占总种数的比例/% Percentage of total genera	
真藓科 Bryaceae	6	7.69	25	16.56	3 700~4 400
曲尾藓科 Dicranaceae	9	11.54	16	10.60	3 600~4 400
丛藓科 Pottiaceae	8	10.26	15	9.93	4 400
金发藓科 Polytrichaceae	4	5.13	12	7.95	3 700~4 400
灰藓科 Hypnaceae	8	10.26	11	7.28	3 600~4 400
提灯藓科 Mniaceae	3	3.85	11	7.28	3 700~4 400
总计 Total	38	48.72	90	59.6	

为进一步了解 6 个优势科在色季拉山苔藓植物中的地位,本研究以其所属属数为标准进行分析。从属的角度而言,该区最大的优势科为曲尾藓科,共有 9 属,占 6 个优势科总属数的 23.68%,占色季拉山苔藓植物总属数的 11.54%。真藓科、丛藓科、金发藓科、提灯藓科和灰藓科所含属数共计 29 个,这 5 个科的总属数占 6 个优势科总属数的 76.32%,占色季拉山苔藓植物总属数的 37.18%。因此,该区苔藓植物从属的角度而言优势科优势性比较明显。

6 个优势科所属苔藓植物海拔分布规律明显,曲尾藓科和灰藓科在 3 600~4 400 m 的每个海拔带均有分布,丛藓科在 4 400 m 区域分布广泛,金发

藓科、真藓科和提灯藓科在海拔 3 700~4 400 m 区域有广泛分布。

3.4 苔藓植物优势属的种数统计与海拔分布

色季拉山苔藓植物共有 3 个优势属,分别是丝瓜藓属(*Pohlia*)、小金发藓属(*Pogonatum*)和棉藓属(*Plagiothecium*)。从表 3 可以看出,丝瓜藓属为色季拉山最大的优势属,共含有 13 个种,占 3 个优势属所含种数的 52.00%,占色季拉山苔藓植物总种数的 8.61%。在海拔 3 700~4 400 m 区域,丝瓜藓属、小金发藓属和棉藓属均有大量分布;在 3 600 m 区域,丝瓜藓属和小金发藓属分布较多;在 4 400 m 区域,丝瓜藓属分布较多。

表 3 色季拉山苔藓植物优势属的种数统计与海拔分布

Table 3 Species statistics and altitude distribution of the dominant genus of bryophytes in Sygera Mountains

属名 Genus name	种数 Species number	占总种数的比例/% Percentage of total species	海拔/m Elevation
丝瓜藓属 <i>Pohlia</i>	13	8.61	3 600~4 400
小金发藓属 <i>Pogonatum</i>	6	3.97	3 600~4 400
棉藓属 <i>Plagiothecium</i>	6	3.97	3 700~4 400
合计 Total	25	16.55	

3.5 苔藓植物群落类型的种数统计与海拔分布

果及其分布的海拔范围如表 4 所示。

色季拉山不同群落类型苔藓植物种数的统计结

表 4 色季拉山不同群落类型苔藓植物种数统计

Table 4 Statistics on the species of bryophytes of different communities in Sygera Mountains

群落类型 Community types	苔类植物 Bryophytes	藓类植物 Moss	苔藓植物 Bryophytes	占总种数的比例/% Percentage of total genera	海拔/m Elevation
土生群落 Soil-community	5	92	97	64.24	3 600~4 300
石生群落 Rock-community	0	36	36	23.84	3 600~4 300
树附生群落 Tree-community	0	14	14	9.27	3 900~4 200
岩面薄土生群落 Lithosphere-community	0	61	61	40.40	4 300~4 400
湿生群落 Aquatic-community	2	13	15	9.93	3 600~3 700

从表 4 可以看出,土生群落共有苔藓植物 97 种,占色季拉山苔藓植物总种数的 64.24%;石生群

落共有苔藓植物 36 种,占总种数的 23.84%;树附生群落共有苔藓植物 14 种,占总种数的 9.27%;岩

面薄土群落共有苔藓植物 61 种,占总种数的 40.40%;湿生群落共有苔藓植物 15 种,占总种数的 9.93%。土生群落、石生群落主要分布在海拔 3 600~4 300 m 区域,树附生群落主要分布在海拔 3 900~4 200 m 区域,岩面薄土生群落主要分布在海拔 4 300~4 400 m 区域,湿生群落主要分布在海拔 3 600~3 700 m 区域。湿生群落对水分的要求很高,只在溪流、水岸边或长期积水的小生境有少量分布,其分布范围最窄。

4 讨 论

物种随海拔梯度的变化规律是国际上颇受关注的研究领域之一,尤其在全球气候剧烈变化的大背景下,选择青藏高原的苔藓植物进行研究,对了解植物随海拔的分布变化情况具有重要意义。苔藓植物作为指示环境变化最为敏感的植物,许多学者曾报道了不同地区苔藓植物的垂直分布变化规律,如崔明昆^[31]研究了云南鸡足山自然保护区苔藓植物的垂直分布特征,王文和等^[32]研究了山西管涔山林区苔藓植物的垂直分布和群落类型特征,车宗玺^[33]研究了祁连山北坡不同海拔梯度苔藓植物的垂直分布规律等。这些结果对阐释苔藓植物随海拔变化的垂直分布规律具有一定意义。

西藏色季拉山落差大,山势陡峭,随着海拔的升高,土壤温度、大气温度逐渐降低,空气湿度逐渐增加^[34]。环境因子的变化,致使该区域苔藓植物表现出明显的垂直地带性分布规律:在山地温带凉润暗针叶林苔藓植物带,即在 3 600 m 区域苔藓种类组成较为单一,生活型绝大部分为交织型和丛集型;在亚高山寒温带冷湿暗针叶林苔藓植物带,即海拔 3 700~4 300 m 区域,由于海拔高差明显,空气湿度随海拔升高而逐渐增加,构成了苔藓植物最为丰富的分布带,苔藓植物以丛集型、交织型和平铺型为主。在亚高山、高山冷湿灌丛草甸植被苔藓植物带,即海拔 4 400 m 区域,由于地温、气温偏低,昼夜温差大,降雪早,并且多半年有积雪覆盖,土壤长期处于冻结状态,再加上山高风大等综合因素的影响,环境逐渐不利于藓类植物的生长,因此苔藓植物数量明显减少,群落主要以丛集型为主。

在色季拉山,苔藓植物分布规律明显,曲尾藓科和灰藓科在每个海拔梯度均分布较多,丛藓科在海拔 4 400 m 区域分布广泛,金发藓科、真藓科和提灯藓科在海拔 3 700~4 400 m 有广泛分布。丝瓜藓属、小金发藓属和棉藓属大量分布于海拔 3 700~

4 400 m,在海拔 3 600 m 则以丝瓜藓属和小金发藓属分布较多。在色季拉山不同海拔区域,苔藓类植物主要的生态群落类型不尽相同,可以分为土生群落、石生群落、岩面薄土生群落、树附生群落和湿生群落,其中以土生和石生群落分布最广,湿生群落分布范围最窄、数量较少。在海拔 3 600 m 区域苔藓植物以土生群落和石生群落为主,3 700~4 300 m 区域以土生群落、岩面薄土生群落、树附生群落为主,而在 4 400 m 区域,则以石生群落和岩面薄土生群落为主。

已有研究表明,物种沿海拔梯度的升高分布格局一般有 5 种表现形式,分别是先降低后升高、先升高后降低(单峰曲线)、单调升高、单调下降和无明显变化^[35-36]。本研究表明,在海拔 3 600 m 区域,草本植物繁茂,过多的草本植物反而抑制了苔藓植物的生长,因此只在草本植物相对较少的地方,如路边、林间空地、溪流边和裸露的岩石上发现有大量的苔藓植物;在海拔 3 700~4 300 m 区域,由于海拔高差较大,环境梯度变化明显,随着海拔的增加空气湿度增加,因此灌木和乔木植物生长茂密,灌丛交错分布,小环境相对复杂,尤其是林内树生和腐木生境的形成,使得本区域苔藓植物种类非常丰富,是苔藓植物的集中分布区,林内土生苔藓植物生长茂盛;在海拔 4 400 m 区域,植被主要是亚高山灌丛和草甸,由于气温逐渐降低而降雨量逐渐增加,导致空气湿度增加,大风及长期积雪使土壤也长期处于冻结状态,环境逐渐不利于苔藓植物的生长,能够生存的科属种数量明显减少。总体而言,随着海拔的升高,苔藓植物科、属、种数量呈先增加后减少的趋势,这与已有研究结果^[37]一致。与国内其他地区相关研究比较而言,西藏色季拉山苔藓植物的垂直分布特征更加明显。

志谢:衷心感谢华东师范大学王幼芳教授在标本鉴定工作中给与的帮助。

[参考文献]

- [1] 任学敏,杨改河,王得祥,等. 环境因子对巴山冷杉-糙皮桦混交林物种分布及多样性的影响 [J]. 生态学报, 2012, 32(2): 605-613.
Ren X M, Yang G H, Wang D X, et al. Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an *Abies fargesii*-*Betula utilis* mixed forest [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(2): 605-613.
- [2] 范得芳,王得祥,柴宗政,等. 环境因子对秦岭锐齿栎群落物种分布及多样性的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(10): 59-67.

- Fan D F, Wang D X, Chai Z Z, et al. Effects of environmental factors on species distribution and diversity in an *Quercus aliena* var. *acuteserrata* community in Qinling Mountains [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2016, 44 (10): 59-67.
- [3] 王挺杨, 官飞荣, 王 强, 等. 祁连山不同景观类型中苔藓植物物种多样性研究 [J]. 植物科学学报, 2015, 33(4): 466-471.
- Wang T Y, Guan F R, Wang Q, et al. Study on bryophytes species diversity in different landscapes in Qilian Mountain [J]. Plant Science Journal, 2015, 33(4): 466-471.
- [4] 姜炎彬, 邵小明. 苔藓植物分布及其物种多样性的研究评述 [J]. 武汉植物学研究, 2010, 28(3): 385-390.
- Jiang Y B, Shao X M. Research review on the distribution and diversity of bryophytes [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2010, 28(3): 385-390.
- [5] 叶 吉, 郝占庆, 于德永, 等. 苔藓植物生态功能的研究进展 [J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1939-1942.
- Ye J, Hao Z Q, Yu Y D, et al. Research advances in bryophyte ecological function [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(10): 1939-1942.
- [6] Muotk T, Laasonen P. Ecosystem recovery in restored head water streams: the role enhanced leaf retention [J]. J Appl Ecol, 2002, 39: 145-156.
- [7] Lee J, Johnson-Green P, Lee E. Correlation between environmental conditions and the distribution of mosses exposed to urban air pollutants [J]. Water, Air, Soil Pollut, 2004, 153: 293-305.
- [8] Frego K A. Bryophytes as potential indicators of forest integrity [J]. Forest Ecol Manage, 2007, 242: 65-75.
- [9] 官飞荣, 茹雅璐, 胡忠健, 等. 杭州市树附生苔藓植物多样性 [J]. 杭州师范大学学报(自然科学版), 2016, 15(6): 589-594.
- Guan F R, Ru Y L, Hu Z J, et al. On species diversity of epiphytic bryophytes in Hangzhou [J]. Journal of Hangzhou Normal University (Natural Science Education), 2016, 15(6): 589-594.
- [10] 陈宝瑞, 李海山, 朱玉霞, 等. 呼伦贝尔草原植物群落空间格局及其环境解释 [J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1265-1271.
- Chen B R, Li H S, Zhu Y X, et al. The spatial and environmental interpretation of the plant community of Hulunber grassland [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(5): 1265-1271.
- [11] Guisan A, Zimmernann N E. Predictive habitat distribution models in ecology [J]. Ecological Modeling, 2000, 135: 147-186.
- [12] Pescador D S, de Bello F, Valladares F, et al. Plant trait variation along an altitudinal gradient in Mediterranean high mountain grasslands: controlling the species turnover effect [J]. PLoS One, 2015, 10(3): e0118876.
- [13] 陈 云, 冯佳伟, 牛 帅, 等. 小秦岭自然保护区苔藓植物群落数量分类、排序及多样性垂直格局 [J]. 生态学报, 2017, 37 (8): 2653-2664.
- Chen Y, Feng J W, Niu S, et al. Numerical classification, ordination, and species diversity of bryophytes along elevation gradients in Xiaoqinling [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37 (8): 2653-2664.
- [14] 朱 源, 康慕道, 江 源, 等. 贺兰山木本植物群落物种多样性的海拔格局 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(3): 574-581.
- Zhu Y, Kang M Y, Jiang Y, et al. Altitudinal pattern of species diversity in woody plant communities of mountain Helan, northwestern China [J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32 (3): 574-581.
- [15] Koenig I, Feldmeyer-Christe E, Mitchell E A D. Comparative ecology of vascular plant, bryophyte and testate amoeba communities in four Sphagnum peatlands along an altitudinal gradient in Switzerland [J]. Ecological Indicators, 2015, 54: 48-59.
- [16] 罗先真, 熊新源, 曹 威, 等. 月亮山自然保护区苔藓植物垂直分布初步研究 [J]. 广西植物, 2016, 36(8): 1008-1013.
- Luo X Z, Xiong X Y, Cao W, et al. Vertical distribution of bryophytes in Yuliang Mountain Nature Reserve [J]. Guihaia, 2016, 36(8): 1008-1013.
- [17] 郑桂林, 刘胜祥, 陈桂英, 等. 湖北省九宫山蕨类植物垂直分布的初步研究 [J]. 武汉植物学研究, 2002, 20(6): 429-432.
- Zheng G L, Liu S X, Chen G Y, et al. Studies on the vertical distribution of mosses in Mt. Jiugongshan, Hubei, China [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2002, 20(6): 429-432.
- [18] 徐凤翔. 西藏色季拉林区环境、资源及质量与利用评价 [J]. 西藏农牧学院学报, 1995(1): 1-8.
- Xu F X. Appraising the quality and use of environment and resource in Sygera forest region, Tibet [J]. Journal of Tibet Agriculture and Animal Husbandry College, 1995(1): 1-8.
- [19] 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.
- [20] 高 谦. 中国苔藓志: 第二卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- Gao Q. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 2 [M]. Beijing: Science Press, 1996.
- [21] 黎兴江. 中国苔藓志: 第三卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- Li X J. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 3 [M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [22] 黎兴江. 中国苔藓志: 第四卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- Li X J. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 4 [M]. Beijing: Science Press, 2006.
- [23] 吴鹏程, 贾 渝. 中国苔藓志: 第五卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2011.
- Wu P C, Jia Y. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 5 [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [24] 吴鹏程. 中国苔藓志: 第六卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- Wu P C. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 6 [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [25] 胡人亮, 王幼芳. 中国苔藓志: 第七卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- Hu R L, Wang Y F. Flora bryophytarum sinicorum; Vol. 7 [M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [26] 吴鹏程, 贾 渝. 中国苔藓志: 第八卷 [M]. 北京: 科学出版社, 2004.

- Wu P C, Jia Y. Flora bryophytarum sinicorum: Vol. 8 [M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [27] 黎兴江. 西藏苔藓植物志 [M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- Li X J. Tibetan bryophyte [M]. Beijing: Science Press, 1985.
- [28] 朱瑞良, 胡人亮. 浙江百山祖常绿阔叶林内苔藓植物的研究 [J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1993(3): 95-105.
- Zhu R L, Hu R L. Studies on the mosses in evergreen broad-leaf forest of Baishanzu, Zhejiang [J]. East of Chin Norm Univ(Nat Sci Ed), 1993(3): 95-105.
- [29] 汪岱华, 王幼芳, 左 勤, 等. 浙江西天目山主要森林类型的苔藓多样性比较 [J]. 植物生态报, 2012, 36(6): 550-559.
- Wang D H, Wang Y F, Zuo Q, et al. Bryophyte species diversity in seven typical forests of the West Tianmu Mountain in Zhejiang, China [J]. Plant Ecol, 2012, 36(6): 550-559.
- [30] 刘正东, 熊源新, 杨 冰, 等. 贵州省独山都柳江源湿地自然保护区苔类植物研究 [J]. 贵州农业科学, 2013, 41(6): 35-41.
- Liu Z D, Xiong Y X, Yang B, et al. Study on liverworts in Duli River Wetland Nature Reserve in Dushan County of Guizhou [J]. Guizhou Agric Sci, 2013, 41(6): 35-41.
- [31] 崔明昆. 云南鸡足山自然保护区苔藓植物分类及其垂直分布研究 [J]. 云南教育学院学报, 1995, 11(5): 69-74.
- Cui M K. Study on the classification and vertical distribution of bryophytes in nature reserve of Yunnan chicken foot mountain [J]. Journal of Yunnan Education College, 1995, 11(5): 69-74.
- [32] 王文和, 赵建成. 山西省管涔山林区苔藓植物垂直分布和群落类型特征的研究 [J]. 新疆大学学报(自然科学版), 1994, 11(1): 65-71.
- Wang W H, Zhao J C. Study on the vertical distribution and community-types of bryophytes from the forest regions in MT. Guancenshan [J]. Journal of Xinjiang University(Nat Sci Ed), 1994, 11(1): 65-71.
- [33] 车宗玺. 祁连山北坡不同海拔梯度苔藓植物分布规律研究 [J]. 甘肃林业科技, 2004, 29(3): 22-25.
- Che Z X. Study on moss distribution law in different altitude on North slope of Qilian Mountains [J]. Journal of Gansu Forest Science and Technology, 2004, 29(3): 22-25.
- [34] 马和平, 郭其强, 刘合满, 等. 西藏色季拉山东麓垂直带土壤碳氮分布特征及其影响因素 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2013, 41(1): 91-96.
- Ma H P, Guo Q Q, Liu H M, et al. Distribution and affecting factors of soil organic carbon and total nitrogen along the altitudinal belt in the eastern Sejila Mountain of Tibet [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat Sci Ed), 2013, 41(1): 91-96.
- [35] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征 [J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.
- He J S, Chen W L. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities [J]. Acta Ecologica Sinica, 1997, 17(1): 91-99.
- [36] 刘兴良, 史作民, 杨冬生, 等. 山地植物群落生物多样性与生物生产力海拔梯度变化研究进展 [J]. 世界林业研究, 2005, 18(4): 27-34.
- Liu X L, Shi Z M, Yang D S, et al. Advances in study on changes of biodiversity and productivity along elevational gradient in mountainous plant community [J]. World Forestry Research, 2005, 18(4): 27-34.
- [37] 朱 源, 康幕谊, 江 源, 等. 贺兰山木本植物群落物种多样性的海拔格局 [J]. 植物生态学报, 2008, 32(3): 574-581.
- Zhu Y, Kang M Y, Jiang Y, et al. Altitudinal pattern of species diversity in woody plant communities of mountain Helan, northwestern China [J]. Journal of Plant Ecology, 2008, 32(3): 574-581.