

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2014.03.009

艾尼瓦尔·吐米尔,阿不都拉·阿巴斯. 阿尔泰山两河源自然保护区地面生地衣群落物种分布特征[J]. 广西植物, 2014, 34(3): 326—332
Tumur A, Abbas A, *et al.* Floor lichens species distribution characteristics in Altay Two River Sources Natural Reserve in Xinjiang, China[J]. *Guihaia*, 2014, 34(3): 326—332

阿尔泰山两河源自然保护区地面 生地衣群落物种分布特征

艾尼瓦尔·吐米尔^{1,2}, 阿不都拉·阿巴斯^{1,2*}

(1. 新疆大学 生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 中国西北干旱区地衣研究中心, 乌鲁木齐 830046)

摘 要: 用聚类分析和主成分分析法对阿尔泰山两河源自然保护区地面生地衣群落进行划分; 根据优势地衣种类进行群落命名。应用典范对应分析法探讨了地面生地衣种类分布与环境间的关系。结果表明: 阿尔泰山两河源自然保护区地面生地衣可分为以下 4 个群落: 白腹地卷+疏石蕊+喇叭粉石蕊群落; 茸珊瑚枝+长根地卷+黑瘦地卷群落; 土星猫耳衣+软鹿蕊+膜地卷群落; 雪岛衣+北方石蕊+绿皮地卷群落。各群落中的地面生地衣种类与盖度, 在一定程度上反映了地面生地衣在阿尔泰山两河源保护区分布格局与环境的关系。典范对应分析结果表明, 阿尔泰山地面生地衣群落物种分布受到土壤湿度、土壤 pH、海拔高度、林冠层郁闭度和灌木层盖度等环境因素的影响, 其中海拔、土壤湿度、林冠层郁闭度等对地衣物种分布的影响最大。

关键词: 地面生地衣; 物种分布; 数值分析; 阿尔泰山两河源自然保护区

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2014)03-0326-07

Floor lichens species distribution characteristics in Altay Two River Sources Natural Reserve in Xinjiang, China

TUMUR Anwar^{1,2}, ABBAS Abdulla^{1,2*}

(1. College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 2. Lichen's Research Center in Arid Zones of Northwest China, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: The floor lichens species in the Altay Two River Sources Natural Reserve were divided into four different communities based on the species coverage in the 20 different sampling sites. The communities were named according to the dominant floor lichen species and cluster and principal component analysis (PCA) methods were used to analyze and divided communities. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used to analyze the correlation of floor lichen species with environments. According to the result of multivariate analysis and universal characteristics of habitat, the floor lichens community in forest ecosystem in Altay Two River Sources Natural Reserve can be generalized four types: (1) *Peltigera leucophlebia* + *Cladonia sulphurina* + *C. chlorophaea* community; (2) *Stereocaulon tomentosum* + *Pneopolydatata* + *P. nigripunctata* community; (3) *Leptogium saturninum* + *Cladina mitis* + *Pneopolydotata membranacea* community; (4) *Cetraria nivalis* + *C. borealis* + *Papthosa* community. The results reflected a certain correlation of the distribution of floor lichen species with different altitude, canopy density, soil humidity, soil pH and shrub coverage in the study area.

Key words: floor lichen; species distribution; numerical analysis; Altay Two River Sources Natural Reserve

收稿日期: 2013-10-20 修回日期: 2013-12-31

基金项目: 国家自然科学基金(31160005)

作者简介: 艾尼瓦尔·吐米尔(1970-), 男(维吾尔族), 新疆阿克苏人, 博士, 教授, 从事种群及群落生态学研究, (E-mail) anwartumursk@xju.edu.cn.

*通讯作者: 阿不都拉·阿巴斯, 教授, 从事地衣学及资源植物学研究, (E-mail) abdulla@xju.edu.cn.

地面生地衣作为土壤生物多样性的主要成分,在土壤的形成、改善土壤理化特征、增加土壤营养成分、保持土壤水分、促进维管束植物种子发芽、生根、植物群落形成和演替等方面具有不可低估的作用(Longton,1992;Eldridge,1999)。国外研究者已在19世纪末注意到了干旱和半干旱地区土壤结皮的形成机制,对地衣风化岩石和矿物质,形成土壤、影响地衣结皮形成的生物和非生物因素、地面生地衣群落分布格局等方面进行了研究(Eldridge,1996,1997;Belnap *et al.*,2006;Lázaro *et al.*,2008;Zedda *et al.*,2009)。如 Shields *et al.*(1957)研究半干旱沙漠上藻类和地衣形成的土壤结皮时发现,有地面生地衣生长土壤中的氮含量比没有地衣的土壤(没有地衣结皮的土壤)大2~7倍。Rogers(1977)报道,干旱和半干旱地区(降水量少于200 mm),地面生地衣为保持土壤稳定性和增加土壤肥力方面具有极为重要的作用。Belnap(2002a)和 Harper(2001)的研究发现,地衣结皮是干旱区生态系统主要的氮源,为植物提供可利用的微量营养物和有机碳。Loppi(2004)研究意大利中部南 Tuscany 上新世粘土年均降水量为750 mm的亚干旱至亚湿润气候带地面生地衣群落,发现地面生地衣群落受裸露地的利用程度和维管束植物覆盖度的影响。Escudero(2007)研究维管束植物和形成土壤结皮的地衣之间的种特异性,探讨了地面生地衣群落物种分布及影响物种分布的因素。另外,地衣对环境污染非常敏感,对基物要求较高,由于很低浓度的氮沉降也导致地面生地衣物种的死亡,从而影响地面生地衣群落结构和多样性。Hauck(2008)研究欧洲中部酸性降水对两种地面生地衣的影响,得出含硫的酸性降水导致地面生地衣退化的结论。因此,地面生地衣在评价森林生态系统健康、氮沉降的指示、监测和评价土壤污染等方面已得到广泛应用。

国内虽然对地面生地衣的功能、形成干旱区生物结皮机制、固定沙漠等方面的认识不断提高,但有关群落分布、区系组成和生态学方面的研究还有待于深入。相对于植物群落生态学的数值分析和定量研究来说,有关地衣群落生态学方面的报道少见,但也有学者尝试对地衣群落这方面的定量研究。如李苏等(2007,2011)对云南哀牢山原生林及次生林群落附生地衣物种多样性与分布进行了研究;王玉良等(2012)采用定量研究方法对鹈落坪自然保护区地面生地衣多样性及群落数量特征进行了研究;艾尼

瓦尔·吐米尔等(2011)对乌鲁木齐南部山区地生地衣群落分布格局进行了研究。艾尼瓦尔·吐米尔等(2006)对阿尔泰山两河源自然保护区地面生地衣物种多样性进行过研究,但有关地衣群落物种分布格局与环境因素之间关系方面未见报道。因此,本文选取阿尔泰山两河源国家级自然保护区为研究地点,对地面生地衣群落的物种组成、结构特征以及与森林植被的关系进行了定量的生态学研究,为该保护区地衣物种多样性的保护提供合理的策略。

1 研究地区概况

阿尔泰山两河源自然保护区位于新疆最北部,大陆性寒温带寒冷气候特征显著,处于欧亚大陆腹地、远离海洋,水汽来源甚少。在全球大气环流形势中处于西风带,大西洋湿气流沿额尔齐斯河谷进入本区,是全疆较湿润的区域之一。这里气温较低,年均温度在-2℃左右,极端最高气温33.3℃,极端最低气温-51.5℃以下;海拔在900~3500 m之间,最高峰达3876 m;本区年降水量随海拔每升高以每百米30~80 mm递增,低山带200~300 mm、中山带300~500 mm、高山区年降水量为600~800 mm;水分年蒸发量在838.3.6 mm左右;日照资源十分丰富,年日照达2800 157.5 h。这一地区夏季多雨、冬有积雪,气候、地貌和植被垂直带分带明显,具有多种植被带类型(阿尔泰林业局,2004)。

2 研究方法

2.1 野外调查

在阿尔泰山两河源自然保护区不同海拔、不同生境随机设置20 m×20 m的样点20个,各样点选取1个样地进行样方调查。每个样地中随机设立样方8个,样方大小为20 cm×20 cm,样方间隔1 m。每个样方中不同种类的盖度用网格法测定,以地面生地衣在样方中的平均盖度作为样点的盖度,盖度的计算方法以地衣出现的网格数占网格总数的百分比表示(王玉良等,2012;艾尼瓦尔·吐米尔等,2011)。调查同时记录样点的郁闭度、土壤湿度、土壤酸碱度和灌木层覆盖度等因素。野外调查时,采集了样方内的所有地面生地衣种类,回实验室参考阿不都拉·阿巴斯等(1998)《新疆地衣》进行物种鉴定。

2.2 数据分析

本文在野外收集数据的基础上,以样点为对象,以地面生地衣的盖度为指标,用数值分析中的聚类分析和主成分分析法对调查样方进行分组,分析了各组地面生地衣的总盖度,展示了各样方间地面生地衣组成上的关系(艾尼瓦尔·吐米尔等,2011)。应用 MVSP(multivariate statistical package, Kovach Computing Services)软件进行数据分析。

根据地面生地衣的种类和盖度,计算各群落的 Shannon-Weiner 多样性指数和 Pielou 均匀度指数,比较各群落的多样性特点。Patrick 丰富度指数: $D = S$, 式中, D 表示丰富度指数, S 表示样地内的种数。采用 Shannon-Weiner 公式计算多样性(阳含熙等,1981;陈怡,2005):

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i) (\ln P_i)$$

式中, $P_i = n_i / N$, N 以样方地衣盖度, n_i 以第 i 种的盖度。

均匀度用以下公式来计算:

$$J = H / H_{\max}$$

式中, J 为均匀度指数, H 为实测多样性值, $H_{\max}$ 为理论上群落多样性的最大值 $H_{\max} = \ln S$, 其中 S 为总种数。

采用 Whittaker 公式计算相似性(陈怡,2005):

$$I = 1 - 0.5 \left(\sum_{i=1}^s |a_i - b_i| \right)$$

式中, I = 相似性指数; a_i = 第 i 个物种的个体在群落 a 中的比例, b_i = 第 i 个物种的个体在群落 b 中的比例, $S = a, b$ 群落中相应的种数。

用 Canoco for Windows 4.5 进行典范对应分析(Canonical Correspondence Analysis, CCA),生成种—环境因子排序图,表示种类分布与环境因子之间的关系(陈怡,2005;贾晓妮等,2007)。

3 结果与分析

3.1 地面生地衣物种组成

20 个样点内共发现地面生地衣 50 种,隶属于 11 科,包括蜈蚣衣科(Physciaceae)、杆孢衣科(Bacidiaceae)、梅衣科(Parmeliaceae)、石蕊科(Cladoniaceae)、胶衣科(Collemataceae)、茶渍科(Lecanoraceae)、鳞叶衣科(Pannariaceae)、鳞网衣科(Psoraceae)、珊瑚枝科(Stereocaulaceae)、地卷科

(Peltigeraceae)和异枝衣科(Lichinaceae);13 属,包括大孢蜈蚣衣属(*Physconia*)、泡鳞衣属(*Toninia*)、岛衣属(*Cetraria*)、角衣属(*Coelocaulon*)、鹿蕊属(*Cladina*)、石蕊属(*Cladonia*)、猫耳衣属(*Leptogium*)、小网衣属(*Lecidella*)、甲衣属(*Parmeliella*)、小鳞衣属(*Psorula*)、珊瑚枝属(*Stereocaulon*)、地卷属(*Peltigera*)和同层枝属(*Peccani*)。其中石蕊科种数最多,占保护区地面生地衣总种数的 60%、地卷科种数占 14%,见表 1。

3.2 地面生地衣群落分类

为进一步确定 50 个物种在 20 个样点中的分布特征,以样点为对象,地面生地衣盖度为指标进行了聚类分析和主成分分析,见图 1 和图 2。根据多元分析结果,把 20 个样点分 4 个组。

样点组 1: 包括样点 1、2、3、4、5、6、7、8 等。主要的地衣种有疏石蕊、喇叭粉石蕊、喇叭石蕊、粗皮石蕊、白腹地卷、小地卷和甘肃大孢蜈蚣衣等。地面生地衣总盖度为 22.51%,盖度最大的是白腹地卷,为 5.68%。定名为白腹地卷+疏石蕊+喇叭粉石蕊群落。

样点组 2: 包括样点 9、10、11、12、13 等。主要的地衣种有茸珊瑚枝、佐木氏珊瑚枝、黑癭地卷、长根地卷、分枝石蕊、尖石蕊、鳞叶石蕊等。地面生地衣的总盖度为 52.78%,盖度最大的是茸珊瑚枝,为 8.42%。定名为茸珊瑚枝+长根地卷+黑癭地卷群落。

样点组 3: 包括样点 14、15、16 等。主要的地衣种有东方鹿蕊、土星猫耳衣、软鹿蕊、雀鹿蕊、正疏石蕊、硬柄石蕊、膜地卷等。地面生地衣总盖度为 22.45%,盖度最大的是土星猫耳衣,为 4.29%。定名为土星猫耳衣+东方鹿蕊+膜地卷群落。

样点组 4: 包括样点 17、18、19、20。主要地衣种有雪岛衣、白边岛衣、北方石蕊、类黄粉石蕊、绿皮地卷、矮石蕊、类大叶石蕊等。地面生地衣总盖度为 19.26%,盖度最大的是雪岛衣,为 3.69%。定名为雪岛衣+北方石蕊+绿皮地卷落,见表 2。

3.3 地面生地衣分布与环境关系

为确定地面生地衣群落物种分布与环境因子间的关系,对地面生地衣盖度与环境数据(表 3)进行典范对应分析(CCA)(图 3)。

典范对应分析(CCA)是将对应分析和多元回归结合起来(贾晓妮等,2007)。CCA 的排序轴不只是反映样方间在种类组成上的相似性,而且反映样

表 1 新疆阿勒泰两河源自然保护区地面生地衣物种组成

Table 1 Species composition of the floor lichens in Altay Two River Source Natural Reserve, Xinjiang				
物种编号 Code	种名 Species name	物种编号 Code	种名 Species name	
1	甘肃大孢蜈蚣衣 <i>Physconia kansuensis</i>	26	小葱石蕊 <i>C. maxima</i>	
2	白泡鳞衣 <i>Toninia candida</i>	27	黄绿石蕊 <i>C. ochrochlora</i>	
3	白边岛衣 <i>Cetraria laeuigata</i>	28	头状石蕊 <i>C. peziziformis</i>	
4	雪岛衣 <i>C. nivalis</i>	29	鳞叶石蕊 <i>C. phyllophora</i>	
5	皮刺角衣 <i>C. oelocaulon aculeatum</i>	30	喇叭石蕊 <i>C. pyxidata</i>	
6	东方鹿蕊 <i>Cladina grisea</i>	31	粗皮石蕊 <i>C. scabriuscula</i>	
7	软鹿蕊 <i>C. mitis</i>	32	尖头石蕊 <i>C. subulata</i>	
8	雀鹿蕊 <i>C. stellaris</i>	33	角石蕊 <i>C. cornuta</i>	
9	林鹿蕊 <i>C. arbuscula</i>	34	矮石蕊 <i>C. humilis</i>	
10	阿尔泰石蕊 <i>Cladonia altaica</i>	35	喇叭粉石蕊 <i>C. chlorophaea</i>	
11	尖石蕊 <i>C. acuminata</i>	36	土星猫耳衣 <i>Leptogium saturninum</i>	
12	斜漏斗石蕊 <i>C. cenotea</i>	37	苔生小网衣 <i>Lecidella wulfenii</i>	
13	粉石蕊 <i>C. fimbriata</i>	38	鳞甲衣 <i>Parmeliella incisa</i>	
14	瘦柄红石蕊 <i>C. macilenta</i>	39	黑红小鳞衣 <i>Psorula rufonigra</i>	
15	硫石蕊 <i>C. sulphurina</i>	40	茸珊瑚枝 <i>Stereocaulon tomentosum</i>	
16	黑穗石蕊 <i>C. amaurocraea</i>	41	佐木氏珊瑚枝 <i>S. sasakii</i>	
17	枪石蕊 <i>C. coniocraea</i>	42	东方珊瑚枝 <i>S. paschale</i>	
18	类黄粉石蕊 <i>C. bacilliformis</i>	43	膜地卷 <i>Peltigera membranacea</i>	
19	北方石蕊 <i>C. borealis</i>	44	黑瘦地卷 <i>P. nigripunctata</i>	
20	葡萄石蕊 <i>C. botrytes</i>	45	绿皮地卷 <i>P. aphthosa</i>	
21	腐石蕊 <i>C. coriosa</i>	46	白腹地卷 <i>P. leucophlebia</i>	
22	正硫石蕊 <i>C. deformis</i>	47	鳞地卷 <i>P. lepidophora</i>	
23	分枝石蕊 <i>C. furcata</i>	48	长根地卷 <i>P. neopolydatata</i>	
24	硬柄石蕊 <i>C. macroceras</i>	49	小地卷 <i>P. venosa</i>	
25	类大叶石蕊 <i>C. macrophylllo</i>	50	地生同层枝 <i>Peccania terricola</i>	

表 2 50 种地面生地衣植物在四个群落中的覆盖度

Table 2 Cover values of 50 floor lichens in the four communities									
物种 Species	群落 1 Communit 1	群落 2 Comm unity 2	群落 3 Community 3	群落 4 Community 4	物种 Species	群落 1 Communit 1	群落 2 Community 2	群落 3 Community 3	群落 4 Community 4
1	0.97	0.00	0.00	0.00	26	0.00	0.00	0.00	0.65
2	1.23	0.95	0.00	0.00	27	0.00	0.00	0.00	0.47
3	0.00	1.23	0.00	0.81	28	0.00	0.45	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	3.69	29	0.00	5.45	0.00	0.00
5	0.00	1.15	0.00	0.00	30	0.56	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	3.87	0.00	31	0.75	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	1.11	0.00	32	1.06	0.75	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.94	0.00	33	1.27	0.00	0.00	0.00
9	0.00	0.91	0.00	0.00	34	0.00	0.00	0.00	1.24
10	2.32	1.12	0.00	0.00	35	1.76	0.00	0.00	0.00
11	0.00	3.87	0.00	0.00	36	0.00	0.00	4.29	0.00
12	0.90	0.00	0.00	0.00	37	0.00	1.02	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	1.23	38	0.00	0.00	0.00	1.43
14	0.00	0.00	1.12	0.00	39	0.00	0.00	1.43	0.00
15	3.95	0.00	0.00	0.00	40	0.00	8.42	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.76	0.00	41	0.00	6.45	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00	1.15	42	0.00	0.00	0.00	0.62
18	0.00	0.00	0.00	2.95	43	0.00	0.00	3.04	0.00
19	0.00	0.00	0.00	0.94	44	0.00	7.04	0.00	0.00
20	0.00	1.64	0.00	0.00	45	0.00	0.00	0.00	3.32
21	0.00	0.00	0.45	0.00	46	5.68	0.00	0.00	0.00
22	0.00	0.00	1.13	0.00	47	0.00	0.00	2.43	0.00
23	0.00	4.65	0.00	0.00	48	0.00	7.68	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.95	0.00	49	2.06	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00	0.76	50	0.00	0.00	0.93	0.00

表 3 20 个样点的环境因子

Table 3 Environmental factors in 20 sites

样点 Plot	土壤湿度 Soil moisture	土壤 pH Soil pH	海拔 Altitude (m)	林冠层 郁闭度 Canopy density	灌木层 盖度 Shrub coverage
1	2.00	6.1	950	1.00	3.50
2	2.00	6.0	1050	1.00	4.00
3	2.00	6.7	1150	1.00	3.50
4	2.00	6.0	1250	1.50	3.00
5	2.00	6.8	1350	1.50	3.50
6	2.50	7.1	1450	2.50	3.00
7	2.50	7.3	1550	3.00	2.00
8	2.50	7.5	1650	3.50	1.50
9	3.00	6.2	1750	4.00	1.50
10	3.00	5.8	1850	4.50	1.00
11	3.00	6.0	1950	5.00	1.00
12	3.00	6.0	2050	5.00	1.50
13	3.00	6.0	2100	5.00	1.00
14	3.00	5.5	2250	4.50	1.00
15	2.50	5.6	2350	4.50	1.50
16	2.50	6.8	2450	4.00	1.50
17	1.50	6.0	2550	1.00	1.00
18	1.50	5.5	2650	1.00	1.00
19	1.50	5.7	2800	1.00	1.00
20	1.50	5.3	2900	1.00	1.00

注：土壤湿度(1=较湿,2=湿,3=非常湿)；林冠层郁闭度(1=小,2=较小,3=中等,4=较大,5=大)；灌木盖度(1=低,2=较低,3=中等,4=较高,5=高)。

Note: Soil moisture(1=comparatively humid,2=humid,3=relatively humid); Canopy density(1=few,2=less,3=medium,4=comparatively large,5=large); Shrub coverage(1=low,2=lower,3=medium,4=higher,5=high).

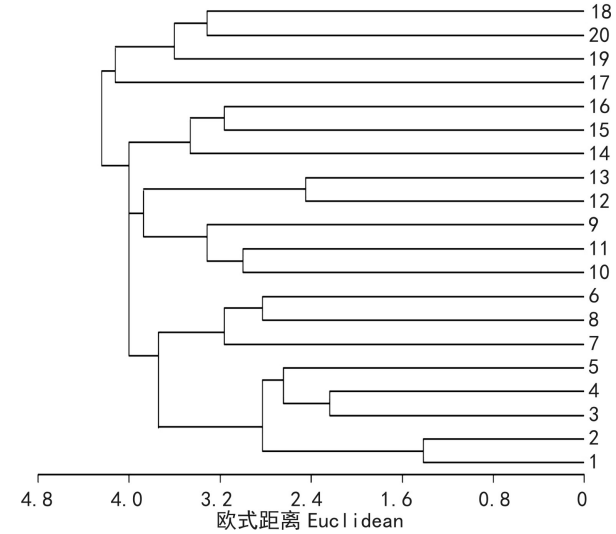


图 1 20 个样点的聚类树状图(序号为样点号)

Fig. 1 Cluster analysis of on the floor lichens distribution pattern(Order number is sampling sites number)

方而在环境因子组成上的相似性,而这两种相似性往往相互联系,因此,种类组成接近的植物群落,在其环境因子组成上也较接近,这是由植物种、植物群

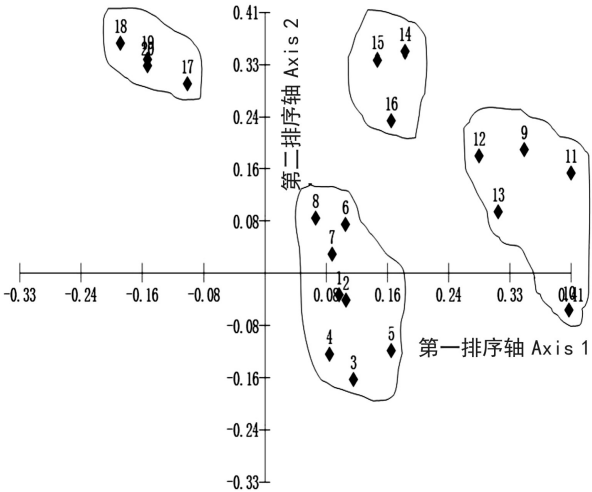


图 2 20 个样点的主成分分析排序图(序号为样点号)

Fig. 2 DCA analysis of on the floor lichens distribution pattern (Order number is sampling sites number)

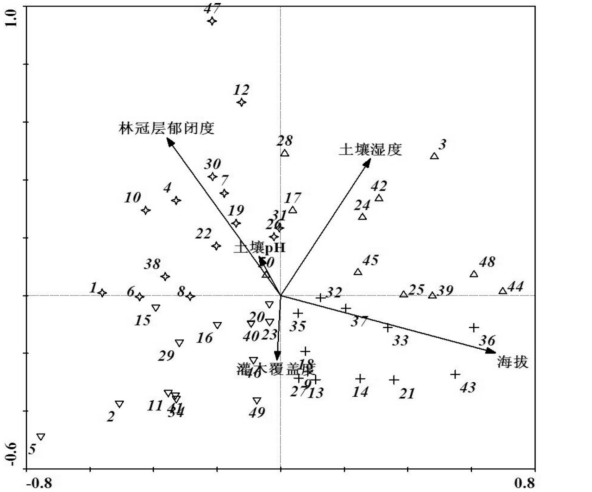


图 3 阿尔泰山两河源自然保护区地面生地衣分布与环境因子关系的 CCA 排序图

Fig. 3 CCA revealing the relationships between the floor lichens species with environmental factors in Altay Two River Source Natural Reserve

落和环境因子之间相互作用的生态关系所决定的(贾晓妮等,2007)。从图 3 可以看出,地面生地衣物种分布与各环境因素之间的关系。如象限右上角的长根地卷、黑癭地卷、黑红小鳞衣、绿皮地卷、类大叶石蕊、东方珊瑚枝、硬柄石蕊、白边岛衣等种类的分布受土壤湿度的影响;象限左上角的角石蕊、喇叭粉石蕊、土星猫耳衣、苔生小网衣、膜地卷、粉石蕊、瘦柄红石蕊、腐石蕊、小葱石蕊等种类的分布主要受到土壤酸碱度和林冠层郁闭度的限制;处在象限左

下角的硫石蕊、黑穗石蕊、尖石蕊、葡萄石蕊、分枝石蕊、鳞叶石蕊、茸珊瑚枝、小地卷、白泡鳞衣、皮刺角衣和土壤湿度与灌木覆盖度的关系较密切;象限右下角的甘肃大孢蜈蚣衣、雪岛衣、东方鹿蕊、东方鹿蕊、软鹿蕊、北方石蕊、斜漏斗石蕊、小葱石蕊、正硫石蕊等种类的分布与海拔正相关、与土壤酸碱度和林冠层郁闭度呈负相关。从排序轴间的相关性分析可知,与第一轴的关系最大的是海拔高度,为正相关,高达 0.9602;林冠层郁闭度和土壤酸碱度其次,为负相关,分别为-0.9208 和-0.4728。与第二轴的相关性最大的是土壤湿度,呈正相关,为 0.8523;林冠层郁闭度和土壤酸碱度其次,是正相关,分别为 0.7781 和 0.3482;再次是灌木层盖度,是负相关,为-0.4792。从 CCA 的分析结果可以得出,阿尔泰山两河源国家级自然保护区地面生地衣群落物种分布主要受到海拔高度、林冠层郁闭度、土壤湿度和土壤酸碱度的影响,灌木层覆盖度对地面生地衣分布的影响不大。

4 讨论与结论

地面生地衣群落对草本植物、灌木和乔木盖度的变化和腐殖土、地面枯枝落叶层厚度的变化等微环境条件的变化非常敏感。地衣种类及其分布主要受到干扰、土壤结构、降水量和土壤酸碱度等因素的影响(Belnap, 2002a; Housman *et al.*, 2006)。美国东南部山麓地带的研究表明,石蕊属的地衣种类侵入废弃地经过 10~40 a 后才能形成完整的地衣群落,40 a 后由于林冠层郁闭度和地面枯枝落叶层厚度的增加,地衣覆盖度逐渐减少,并在树龄 120 a 的森林仅找到一种石蕊属地衣(Root *et al.*, 2012)。Brodo(1974)对纽约地区沙地地面生地衣进行研究时发现,该地区地面生地衣的盖度由于须芒草属(*Andropogon*)植物等的遮蔽,10 a 后逐渐减少。Nimis(1993)报道地中海地区由于过度放牧和各类人为因素的作用下很难找到结构完整的地面生地衣群落。Eldridge(1999)认为环境中水的可利用性作为土地景观格局形成的推动力,控制地表地衣群落和草本植被群落的结构和它们的动态演替过程。

本研究我们在阿尔泰山两河源自然保护区不同垂直自然带随机设置样点,对地面生地衣物种组成及分布格局进行了定量研究。结果发现,该地区的地面生地衣种类共有 50 种,它们广泛的分布在山地

草原、山地森林、高山和亚高山带的不同生境中。地衣种类的分布主要受到海拔高度、土壤湿度、林冠层郁闭度、土壤酸碱度和灌木层盖度等因素的影响。样点组 1 的种类主要分布在山地草原带和山地草原和山地森林交界处,该地带土壤肥沃、腐殖质丰富、气候湿润,年降水量 350~450 mm,光照充足,土壤 pH 为 8.5 左右,属于碱性土壤,植被盖度较高(60%~80%)。由于该地带是主要的放牧区和旅游区,因此地衣种类的分布同时受到家畜和人类的踩踏等因素的影响,主要的地面生地衣有 12 种。样点组 2 和样点组 3 的种类分布在山地森林带。在山地森林带的树木种类包括西伯利亚云杉(*Picea obovata*)、欧洲山杨(*Populus tremula*)、苦杨(*Populus laurifolia*)等。虽然林下灌木层发育不好,但森林腐木较多、凋落物成层、贮水充足、土壤全氮含量为 8.67g/kg、土壤 pH 为 6.5。因此,枝状和叶状地衣发育良好,主要的地面生地衣有 16 种。高山、亚高山带海拔高、气温低、土体比较湿润,有机质积累强烈,而分解缓慢,腐殖化程度低,土壤 pH 为 5.6 酸性。主要以耐寒、喜光的地衣种类分布为主,分布该地区的地衣共有 26 种。另外,高山地带基本不受旅游和放牧等因素的影响,所以地衣多样性较高。

Eldridge(1999)的研究结果发现,地衣的分布主要受到遮盖物和陡坡的侵蚀、地面堆物的盖度、土壤表面的连贯性和稳定性和地衣结皮覆盖等因素的影响。他还提出光照强度、土壤湿度、土壤肥力和土壤微渗透性等生物和非生物因素也许会导致组成地面生地衣物种组成的不规则分布现象。王玉良(2012)提出地衣在保护区不同群落中的分布具有明显的差异,差异主要是由湿度、海拔和基物等环境因子决定,这些环境因子综合作用,形成异质性微环境,由此决定了地衣的空间分布的差异。我们的研究表明,阿尔泰山两河源自然保护区森林生态系统地面生地衣的分布,与海拔、林冠层郁闭度、土壤湿度的关系最为密切,与其它研究结果保持一致(王玉良等, 2012)。由于自然环境中影响地面生地衣分布的因素较多,同时这些生态因素起综合作用,因此有关土壤氮碳含量、土壤 pH、光照强度、森林类型等因素,对该地区地面生地衣群落物种分布起如何作用,有待于深入研究。

李新蕊(2007)认为,主成分分析就是将多项指标转化为少数几项综合指标,用综合指标来解释多变量的方差—协方差结构。它既具有可在指标权重

选择上克服了主观因素影响,又有助于保证客观地反映样本间的现实关系,即在将原始变量转变为主成分的过程中,同时形成反映主成分和指标包含信息量的权数,便于计算综合评价值的优点。而聚类分析是依据实验数据本身所具有的定性或定量的特征,来对大量的数据进行分组归类,以了解数据集的内在结构,并且对每一数据集进行描述的过程。缺点在样本量较大时,要获得聚类结论有一定的困难(李新蕊,2007)。本研究进行群落划分是根据各样点地衣的盖度,采用聚类和主成分分析方法进行划分。本研究结果表明,各样点在主成分分析和聚类分析图上的位置具有差异。因此,我们认为采用主成分分析进行群落划分可有效的提高数据的可靠性和结论的准确率。

参考文献:

- Abbas A(阿不都拉·阿巴斯), Wu JN(吴继农). 1998. Lichens of Xinjiang(新疆地衣)[M]. Urumqi: Science Technology & Hygiene Publishing House of Xinjiang
- Belnap J. 2002a. Impacts of off-road vehicles on nitrogen cycles in biological soil crusts: resistance in different U. S. deserts[J]. *J Arid Environ*, **52**:155—165
- Belnap J. 2002b. Nitrogen fixation in biological soil crusts from southeast Utah, USA[J]. *Biol Fert Soil*, **35**:128—135
- Belnap J, Phillips SL, Troxler T. 2006. Soil lichen and moss cover and species richness can be highly dynamic: The effects of invasion by the annual exotic grass *Bromus tectorum*, precipitation, and temperature on biological soil crusts in SE Utah[J]. *Appl Soil Ecol*, **32**:63—76
- Chen Y(陈怡). 2005. Study on distribution patterns of bryophytes and its relationships with the environments in Shanghai(上海市苔藓植物分布格局及其与环境关系研究)[D]. Shanghai(上海): Shanghai Normal University(上海师范大学)
- Eldridge DJ. 1996. Distribution and floristics of terricolous lichens in soil crusts in arid and semi-arid New South Wales, Australia[J]. *Aust J Bot*, **44**:581—599
- Eldridge DJ, Tozer ME. 1997. Environmental factors relating to the distribution of terricolous bryophytes and lichens in semi-arid Eastern Australia[J]. *Bryologist*, **100**:28—39
- Eldridge DJ. 1999. Distribution and floristics of moss-and lichen-dominated soil crusts in a patterned *Callitris glaucophylla* woodland in eastern Australia[J]. *Acta Oecol*, **20**:159—170
- Escudero A, Martinez I, Cruz A, et al. 2007. Soil lichens have species-specific effects on the seedling emergence of three gypso-philic plant species[J]. *J Arid Environ*, **70**:18—2
- Forestry Bureau of Altay(阿尔泰林业局). 2004. Comprehensive Scientific Investigation of Altay Two River Sources Natural Reserve of Xinjiang(新疆阿尔泰两河源综合科学考察)[M]. Urumqi: Xinjiang Science and Technology Publishing House:1—273
- Hale ME. 1974. The Biology of Lichens(2nd edition)[M]. London:Edward Arnold:181
- Harper KT, Belnap J. 2001. The influence of biological soil crusts on mineral uptake by associated vascular plants[J]. *J Arid Environ*, **47**:347—357
- Hauck M. 2008. Susceptibility to acidic precipitation contributes to the decline of the terricolous lichens *Cetraria aculeata* and *Cetraria islandica* in central Europe[J]. *Environ Poll*, **152**:731—735
- Housman DC, Powers HH, Collins AD, et al. 2006. Carbon and nitrogen fixation differ between successional stages of biological soil crusts in the Colorado Plateau and Chihuahuan Desert[J]. *J Arid Environ*, **66**:620—634
- Jia XN(贾晓妮), Cheng JM(程积民), Wang HE(万惠娥). 2007. Application present situation of DCA, CCA and DCCA ordination of grassland vegetation communities in China(DCA, CCA and DCCA 三种排序方法在中国草地植被群落中的应用现状)[J]. *Chin Agric Sci Bull*(中国农业通报), **23**(12):391—395
- Li S(李苏), Liu WY(刘文耀), Wang LS(王立松), et al. 2007. Species diversity and distribution of epiphytic lichens in the primary and secondary forests in Ailao Mountain, Yunnan(云南哀牢山原生林及次生林群落附生地衣物种多样性与分布)[J]. *Chin Biodivers*(生物多样性), **15**(5): 445—455
- Li XR(李新蕊). 2007. Compare and application of principal component analysis, factor analysis and cluster analysis(主成分分析、因子分析、聚类分析的比较与应用)[J]. *J Shandong Educ Inst*(山东教育学院学报), **27**(6):23—26
- Lázaro R, Cantón Y, Solé-Benet A, et al. 2008. The influence of competition between lichen colonization and erosion on the evolution of soil surfaces in the Tabernas badlands(SE Spain) and its landscape effects[J]. *Geomorphology*, **102**:252—266
- Longton RE. 1992. The role of bryophytes and lichens in terrestrial ecosystems[M]//Bates JW, Farmer AM(eds). Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. Oxford: Cambridge Press:32—76
- Loppi S, Boscagli A, De Dominicis V. 2004. Ecology of soil lichens from Pliocene clay badlands of central Italy in relation to geomorphology and vascular vegetation[J]. *Catena*, **55**:1—15
- Nimis PL. 1993. The Lichens of Italy. An Annotated Catalogue [M]. Torino: Museo Regionale di Scienze Naturali
- Rogers RW. 1977. Lichens of hot arid and semi-arid lands[M]//Seaward MRD(ed). Lichen Ecology. London: Academic Press: 211—252
- Root HT, McCune B. 2012. Regional patterns of biological soil crust lichen species composition related to vegetation, soils, and climate in Oregon, USA[J]. *J Arid*, **79**:93—100
- Shields LM, Mitchell C, Drouet T. 1957. Alga-and lichen-stabilized surface crusts as soil nitrogen sources[J]. *Am J Bot*, **44**:489—498
- Stevens CJ, Smart SM, Henrys PA, et al. 2012. Terricolous lichens as indicators of nitrogen deposition: evidence from national records[J]. *Ecol Indic*, **20**:196—203
- Su L, Wenya L, Lisong W, et al. 2011. Biomass, diversity and composition of epiphytic macrolichens in primary and secondary forests in the subtropical Ailao Mountains, SW China[J]. *For Ecol Manag*, **261**:1 760—1 770
- Tumur A(艾尼瓦尔·吐米尔), Mamut R(热衣木·马木提), Abbas A(阿不都拉·阿巴斯). 2009. Corticolous lichen com-