

·研究报告·

## 乌鲁木齐南部山区森林生态系统树生地衣群落结构

艾尼瓦尔·吐米尔, 热衣木·马木提, 阿不都拉·阿巴斯\*

新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046

**摘要** 为了探明乌鲁木齐南部山区树生地衣种类及其群落结构特征, 应用多元分析中的主成分分析及聚类分析方法, 对分布在乌鲁木齐南部山区森林生态系统中的树生地衣植物群落进行数量分类, 并对其群落结构的物种多样性、相似性和均匀度等群落参数进行了比较系统的研究。结果表明, 分布在乌鲁木齐南部山区的树生地衣共有39种, 隶属于5目13科26属。根据多元分析结果, 将该地区的树生地衣划分为3种类型: (1) 小茶渍(*Lecanora hageni* (Ach.) Ach.) + 蜈蚣衣(*Physcia stellaris* (L.) Nyl.) + 柳茶渍(*L. saligna* (Schrad.) Zahlbr.)群落; (2) 斑面蜈蚣衣(*Physcia aipolia* (Humb.) Furm.) + 对开蜈蚣衣(*Ph. dimidiata* (Arn.) Nyl.) + 喇叭石蕊(*Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.)群落; (3) 拟石黄衣(*Xanthoria fallax* (Hepp) Arnold.) + 丽石黄衣(*X. elegans* (Link.) Th. Fr.)群落。群落3的多样性指数最大, 为1.509, 其次为群落2, 其多样性指数为1.109, 群落1的多样性指数最低, 为1.088。同时, 研究发现海拔高度和树种是影响乌鲁木齐南部山区森林生态系统树生地衣结构的两个重要因素。

**关键词** 树生地衣群落, 多元数据分析, 物种多样性

艾尼瓦尔·吐米尔, 热衣木·马木提, 阿不都拉·阿巴斯 (2009). 乌鲁木齐南部山区森林生态系统树生地衣群落结构. 植物学报 44, 578–586.

地衣的生态环境和生长基物非常广泛, 是其多样性的具体体现。从赤道到极地、平原到高山以及在荒漠、草原和森林地带, 到处都有地衣的分布。在各类天然基物上, 如岩石、土壤、树木(树皮、树枝、朽木)和苔藓上, 均能见到地衣的生长(陈健斌, 1995; 陈健斌等, 1999)。森林生态系统中附生植物特别是树生地衣是其植物多样性的具体体现。树生地衣分布在树干和树枝上, 在长期的进化过程中对生长基物的种类和微环境形成了特殊的适应。一般树生地衣的区系组成受到森林年龄、树干结构、树干和树皮的化学特征、森林的生产量及气候条件等因素的影响(Cieslinski and Glanc, 1995; Inga and Jannus, 2003)。

国外的地衣群落研究起步比较早, 涉及的内容也非常广泛, 形成了一个比较完善的科学体系(Uta et al., 2000), 有关树生地衣群落方面已有大量的研究报

道(David, 1979; Cornelissen and Ter Steege, 1989; Griffin and Conran, 2006; Lakatos et al., 2006)。Sillett等(2000)的研究表明, 树生地衣的分布与光照、湿度、温度和基物化学成分等因素有关。Sean等(2001)通过对人工管理的森林生态系统的研究, 认为水文地理和微环境特征是决定树生地衣分布和多度的主要因素。在国内, 陈健斌等(1999)在对北京东灵山地区主要树生地衣的研究中发现, 树生地衣的出现及其在树上的盖度与森林郁闭度、树种、树龄及生境坡向等因素有关。郁闭度较大的样地中的阔叶树如槭树、栎树上的大型地衣覆盖度明显小于较开阔地上的同种树上的地衣。对同一种树和同一样地而言, 树干直径大小不同, 其上的大型地衣盖度也不一样。对同一棵树而言, 地衣常常集中生长在某一侧面, 相反方向的侧面上则较少甚至缺乏。郭水良和曹同(2000)在研究长白山地区森林生态系统树附生苔藓植物的群落

收稿日期: 2008-09-26; 接受日期: 2009-02-25

基金项目: 国家自然科学基金(No.30860003, No.30750012)和新疆维吾尔自治区高等学校科学研究计划项目(No.XJEDU2007104)

\* 通讯作者。E-mail: abdulla@xju.edu.cn

分布格局时发现,在长白山地区造成不同森林类型树附生苔藓植物组成和盖度差异的原因除了树种组成上的差异之外,森林郁闭度不同引起的空气湿度差异也是一个重要因素。国内有关地衣生态学方面的研究报道尚不多见,主要有艾尼瓦尔·吐米尔和阿不都拉·阿巴斯(2002, 2006)、艾尼瓦尔·吐米尔等(2005)对天山和阿勒泰东部山区森林树生地衣多样性与分布的研究以及李苏等(2007)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的研究等。

地衣和苔藓是天然森林生态系统多样性的重要成分(Humphrey et al., 2002)。因此,苔藓和地衣的发育程度对森林生态系统的健康有指示作用,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(Humphrey et al., 2002; 刘俊华和包维楷, 2006)。树生地衣生长在树枝、树叶和树干上,对大气污染非常敏感,因此,它在城市大气污染评价方面具有重要的应用价值(James, 1977; Munzi et al., 2007)。新疆乌鲁木齐南部山区具有独特的地理环境和多样的生态系统,有利于地衣的生长分布。然而,近年来随着乌鲁木齐南部山区人口数量的增加和旅游业的发展,该地区出现了不同程度的环境污染,并导致植被退化。因此,研究该地区的树生地衣群落物种多样性对于了解新疆地衣物种多样性,特别是对新疆生物多样性背景的全面了解方面具有重要意义,可为今后有效保护和合理开发利用新疆地衣资源提供参考依据,同时,对于该地区的环境质量评价也具有一定的应用价值。

## 1 研究区概况

研究地点是乌鲁木齐市南郊著名的避暑游览胜地,距离市区75公里。该地区属北天山的喀拉乌成山北麓,地处中山与低山过渡带,海拔高度在1 922-3 500 m之间,年降雨量500-600 mm,最冷月份为1月,平均气温-10.4°C,最热月份为7月,平均气温12.4°C。最冷月和最热月份的月平均气温相差22.8°C。无霜期77天,平均降水量456.3 mm,年平均蒸发量为1 008.3 mm,夏季多雨,冬有积雪。该地区的气候地

貌和植被垂直带分带明显,具有多种植被带类型,包括山地荒漠带、山地草原带、针阔混交林带、针叶林带、亚高山草甸带、高山草甸和高山甸状植被带等(中国科学院新疆综合考察队和中国科学院植物研究所, 1978; 杨振京等, 2004)。该地区气候比较潮湿,从山脚到山顶分布着各种各样的植物,地衣植物和苔藓植物种类十分丰富,也有少量的蕨类植物资源。

## 2 材料与方法

### 2.1 物种鉴定

在乌鲁木齐南山八一林场不同海拔地带共采集地衣标本300余号。在鉴定标本时,除观察外部形态和内部解剖特征外,还对一些在分类鉴定中具有意义的地衣酸进行了测定。地衣的化学分析测定方法包括使用KOH、Ca(ClO)<sub>2</sub>、对苯二胺及碘在地衣体不同部位进行显色实验,对于少数标本还采用了微量化学结晶法(micro crystal test, MCT)和薄层色谱法(thin layer chromatography, TLC)等方法进行测定,以确定某种地衣酸的存在与否。根据地衣的形态特征,结合其所含化学成分的异同进行分类鉴定(Hale, 1983)。研究中所用的标本保存于新疆大学地衣标本室。

### 2.2 野外调查

在不同海拔高度的研究区内随机设立20 m × 20 m的样方15个(表1),采集样方内所有树木上不同生境特点的树生地衣。样方内树生地衣的盖度计算方法为:样方中直径大于30 cm的每一株树木上设立面积为20 cm × 20 cm的铁筛置于小样方上,铁筛用细丝划分成81个2.22 cm × 2.22 cm的小格,调查时,统计每种地衣植物在铁筛网格线交叉处出现的次数,估测每株树上树生地衣的盖度(McCune et al., 1997; 郭水良和曹同, 1999, 2000a; Ihlen et al., 2001; Inga and Jannus, 2003)。

### 2.3 统计分析

应用BioDiversity Pro和MVSP (multivariate statisti-

表1 15个样方的海拔高度及主要树种

Table 1 Altitude and main tree species of 15 plots

Plot No.	Altitude (m)	Main tree species
1	1 580	<i>Salix tianschanica</i> Rgl. + <i>Betula tianschanica</i> Rupr.
2	1 670	<i>Populus talassica</i> Kom. + <i>Salix tianschanica</i> Rgl.
3	1 716	<i>Betula tianschanica</i> Rupr. + <i>Rosa fedtschenkoana</i> Rgl.
4	1 810	<i>Betula tianschanica</i> Rupr. + <i>Populus talassica</i> Kom.
5	1 903	<i>Salix tianschanica</i> Rgl. + <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey. + <i>Pedicularis verticillat</i> L.
6	1 983	<i>Betula tianschanica</i> Rupr. + <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.
7	2 050	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey. + <i>Sorbus tianschanica</i> Rupr.
8	2 094	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.
9	2 162	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey. + <i>Betula tianschanica</i> Rupr.
10	2 295	<i>Populus davidiana</i> Dobe + <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.
11	2 316	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey. + <i>Betula tianschanica</i> Rupr.
12	2 348	<i>Salix tianschanica</i> Rgl. + <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.
13	2 367	<i>Salix tianschanica</i> Rgl. + <i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.
14	2 380	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey. + <i>Populus davidiana</i> Dobe
15	2 406	<i>Picea schrenkiana</i> Fisch. et Mey.

cal package), 3.13d(Kovach Computing Services)系统统计软件,以树生地衣盖度为指标,对15个样方进行主成分分析,以39个不同树生地衣种在15个样方中的相似系数进行聚类分析(阳含熙和卢泽愚,1981;郭水良和曹同,1999,2000a)。同时根据多元分析的结果并结合自然环境特征和优势种特征,对地衣群落进行命名(Hale,1983;王伯荪,1987;Inga and Jannus,2003)。

采用 Whittaker(1967)的公式计算相似性指数(王伯荪,1987;Selva,1994):

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

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

采用 Shannon-Wiener公式计算群落多样性指数(王伯荪,1987;Selva,1994;Inga and Jannus,2003):

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

其中,  $H$  为群落的多样性指数;  $P_i$  为第  $i$  个物种的个体在取样总数中所占的比例;  $s$  为总种数。

均匀度用以下公式来计算:

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

其中,  $J$  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。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 乌鲁木齐南部山区树生地衣物种组成

本研究初步鉴定出分布在乌鲁木齐南部山区的树生地衣共有39种,隶属于5目13科26属(表2)。其中,茶渍目32种,分属于9科19属,分别占该地区树生地衣科、属、种总数的69.23%、73.07%和82.05%。

#### 3.2 乌鲁木齐南部山区树生地衣群落的分布格局

以各样方树生地衣植物盖度为指标,同时用海拔高度对15个样点和39个主要树生地衣种类进行了聚类和主成分分析(阳含熙和卢泽愚,1981),结果如图1和图2所示。

聚类分析的15个样方之间的相似性矩阵见表3。

主成分分析结果表明(表4),第1主成分的特征值为3.234,贡献率达54.371%,第2主成分特征值为0.599,贡献率达10.077%,第3主成分特征值为0.458,贡献率达7.692%。主成分的降维效果好,满

表 2 乌鲁木齐南部山区树生地衣物种组成

Table 2 Corticolous lichen species composition in the southern mountain areas of Urumqi

Order and Family	Genus	Species	Species No.	Altitude (m)
1. Caliciales				
Coniocybaceae	<i>Chaenotheca</i>	<i>Ch. stemonia</i> (Ach.) Müll. Arg.	1	1 700-3 000
2. Lecanorales				
Candelariaceae	<i>Candelaria</i>	<i>C. concolor</i> (Dicks.) Stein	2	1 000-2 800
		<i>C. aurella</i> (Hoffm.) Zahlbr.	3	2 000-3 000
		<i>C. xanthostigma</i> (Pers.ex Ach.) Lettau	4	2 200-2 600
Cladoniaceae	<i>Cladonia</i>	<i>C. chlorophaea</i> (Flörke) Spreng.	5	1 750-2 600
		<i>C. pyxidata</i> (L.) Hoffm.	6	1 600-2 600
Collemataceae	<i>Leptogium</i>	<i>L. saturninum</i> (Dick.) Nyl.	7	1 700-3 400
Hymeneliaceae	<i>Megaspora</i>	<i>M. verrucosa</i> (Ach.) Hafellner & V. Wirth	8	1 300-2 950
Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	<i>L. hageni</i> (Ach.) Ach.	9	1 760-3 300
		<i>L. saligna</i> (Schrader) Zahlbr.	10	600-2 850
		<i>L. euphorea</i> (Flörke) Hertel	11	1 700-3 200
		<i>M. melaena</i> (Nyl.) Hedl.	12	600-3 700
		<i>E. divaricata</i> (L.) Ach.	13	1 850-3 000
		<i>H. physodes</i> (L.) Nyl.	14	1 800-3 300
		<i>M. exasperatula</i> (Nyl.) Essl.	15	1 900-2 500
		<i>M. subargenifera</i> (Nyl.) Essl.	16	1 320-2 450
		<i>U. subfloridana</i> Stirt.	17	1 700-2 800
		<i>V. juniperina</i> (L.) J.-E. Mattsson & M.J. Lai	18	1 300-2 700
		Physciaceae	<i>Anaptychia</i>	<i>A. ulothricoides</i> (Vain.) Vain.
<i>D. alboatrum</i> (Hoffm.) Fw.	20			850-3 500
<i>Ph. ciliata</i> (Hoffm.) Moberg.	21			1 050-1 800
<i>Ph. limbata</i> (Poelt) Kashw.	22			1 750-2 700
<i>Ph. orbicularis</i> (Neck) Morberg.	23			1 800-2 510
<i>Ph. adscendens</i> (Fr.) Oliv.	24			850-2 450
<i>Ph. aipolia</i> (Humb.) Furtm.	25			900-2 200
<i>Ph. clementi</i> (Sm.) Lyngby.	26			600-2 850
<i>Ph. dimidiata</i> (Arn.) Nyl.	27			1 870-2 250
<i>Ph. stellaris</i> (L.) Nyl.	28			900-2 600
<i>Ph. grisea</i> (Lam.) Poelt	29			1 800
Ramalinaceae	<i>Ramalina</i>			<i>R. farinacea</i> (L.) Ach.
		<i>R. pollinaria</i> (Westr.) Ach.	31	2 000-3 170
		<i>R. sinensis</i> Jatta	32	1 700-2 500
3. Peltigerales				
Peltigeraceae	<i>Peltigera</i>	<i>P. polydactyla</i> (Neck.) Hoffm.	33	1 950-3 000
4. Pertusariales				
Pertusariaceae	<i>Pertusaria</i>	<i>P. oculata</i> (Dicks.) Th. Fr.	34	1 600-3 100
5. Teloschistales				
Teloschistaceae	<i>Caloplaca</i>	<i>C. coronata</i> (Kremph.) Stein.	35	1 800-2 740
		<i>C. ferrugineoides</i> H. Magn.	36	1 750-3 200
		<i>T. brevior</i> (Nyl.) Vain.	37	1 700-1 780
		<i>X. elegans</i> (Link.) Th. Fr.	38	390-3 700
		<i>X. fallax</i> (Hepp) Arnold.	39	900-2 450

足主成分二维排序的条件。

15 个样点 39 种树生地衣植物的原始数据矩阵未列入文中。

从图 1 和图 2 可以看出, 主成分分析及聚类分析

的结果基本一致, 15 个样方中可区分出 3 类地衣群落, 分别与一定的海拔高度和生境类型相对应, 它们



表4 主成分特征值及贡献率

Table 4 Eigen value and contribution rate of principal components

Principal component analysis variable	Axis 1	Axis 2	Axis 3
1	0.054	- 0.082	- 0.216
2	0.160	- 0.359	- 0.405
3	0.032	- 0.038	- 0.061
4	0.149	- 0.157	0.285
5	0.094	- 0.248	0.189
6	0.269	- 0.326	0.200
7	0.196	- 0.152	0.244
8	0.330	- 0.289	0.183
9	0.364	- 0.012	0.256
10	0.366	- 0.011	- 0.200
11	0.287	0.521	0.112
12	0.330	0.034	- 0.629
13	0.303	0.125	- 0.091
14	0.287	0.521	0.112
15	0.297	- 0.058	0.024
Eigen value	3.234	0.599	0.458
Percentage	54.371	10.077	7.692
Cum. percentage	54.371	64.448	72.139

群落2: 样点6, 7, 8。主要地衣种类有斑面蜈蚣衣(*Physcia aipolia* (Humb.) Furr.), 珊瑚芽蜈蚣衣(*Ph. clementi* (Sm.) Lyng.), 对开蜈蚣衣、喇叭石蕊(*Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.), 微糙褐梅(*Melanelia exasperatula* (Nyl.) Essl.)和柳茶渍等。该群落被命名为斑面蜈蚣衣 + 对开蜈蚣衣 + 喇叭石蕊群落。

群落3: 样点9, 10, 11, 12, 13, 14, 15。主要分布的树生地衣有黄粒黄茶渍(*Candelariella xanthostigma* (Pers.ex Ach.) Lettau), 优果小网衣、微糙褐梅、茸刺褐梅(*Melanelia subargenifera* (Nyl.) Essl.), 斑面蜈蚣衣、珊瑚芽蜈蚣衣、丽石黄衣(*Xanthoria elegans* (Link.) Th. Fr.), 拟石黄衣(*X. fallax* (Hepp) Arnold.), 短黄枝衣(*Teloschistes brevior* (Nyl.) Vain.)和眼鸡皮衣(*Pertusaria oculata* (Dicks.) Th. Fr.)等。该群落被命名为拟石黄衣 + 丽石黄衣群落。

### 3.3 乌鲁木齐南部山区树生地衣群落参数

为了进一步探明各地衣群落之间的差异, 采用相似性、多样性和均匀度指数对乌鲁木齐南部山区树生

地衣群落进行比较。结果如表5所示。

从表5中可以看出, 乌鲁木齐南部山区树生地衣群落多样性指数最大为1.509, 主要分布在海拔2 100-2 400 m之间的雪岭云杉(*Picea schrenkiana* Fisch. et Mey.)的树枝、树叶和树干上。因为该地带以雪岭云杉为建群种的针叶林, 是该地区地衣植物生长条件最为优越的环境, 地衣植物的种类最为丰富, 其群落的组成也较为复杂。同时, 这里的土壤和水分条件有利于地衣植物的生长, 因而其物种多样性指数较高。其次为海拔1 900-2 100 m之间的云杉林和天山桦木(*Betula tianschanica* Rupr.)上分布的树生地衣群落, 其多样性指数为1.109, 因为该地带是针叶林和阔叶林的混交过渡带, 树种多以不同年龄阶段的树木组成, 所以分布在该地带的树生地衣种类也比较多, 因而其物种多样性指数也较高。群落3的多样性指数最低, 为1.088, 分布在海拔1 500-1 800 m之间的密叶杨(*Populus talassica* Kom.)和灌木丛的树枝上。上述结果表明, 乌鲁木齐南部山区树生地衣主要分布在中海拔和高海拔地区的阔叶林和针叶林带中。Inga和Jannus(2003)通过研究爱沙尼亚天然林附生地衣物种多样性发现, 森林类型是导致树生地衣群落物种差异的主要因素。一般线性模型分析结果表明, 纬度、树木年龄和森林类型等与树生地衣物种多样性之间存在显著的相关性。同时发现老的森林比年轻森林具有更加丰富的树生地衣种类。我们的研究也发现, 海拔高度、森林类型和树种的变化, 导致了乌鲁木齐南部山区森林生态系统树生地衣群落物种组成和多样性指数的变化。

群落相似性指数是反映不同群落间相互关系程

表5 乌鲁木齐南部山区树生地衣群落多样性及均匀度比较  
Table 5 Comparison of the diversity index ( $H$ ) and evenness of the corticolous lichen communities in the southern mountain areas of Urumqi

Community	Number of species	$H$	$H_{max}$	Evenness
1	16	1.088	2.773	0.392
2	12	1.109	2.484	0.446
3	32	1.509	3.465	0.435

度的主要参数。一般利用该指数可以比较不同地区或同一地区不同群落之间的差异程度,为群落的分类提供依据。艾尼瓦尔·吐米尔等(2005)在研究天山森林生态系统树生地衣植物群落结构及物种多样性时发现,该地区影响树生地衣群落相似性的主要因素是树种和海拔高度等因素。Russell(1982)测定了森林内不同垂直高度的湿度日变化,认为不同垂直高度上空气相对湿度差异是影响树干附生植物垂直梯度分布的重要因素。我们的研究表明,乌鲁木齐南部山区树生地衣群落之间的相似性存在差异,树生地衣群落2与群落3的相似性指数比较高,为0.978,其次为群落1与群落2的相似性,为0.802,群落1与群落3的相似性最低,为0.617。这进一步证明该地区树生地衣的分布与不同海拔高度、不同森林类型以及生长树种的种类有一定的关系。

植物物种多样性的保护是植物物种多样性研究的重要内容和最终目的(张元明等,2003)。由于新疆乌鲁木齐南部山区秀美的自然景观吸引了众多国内外旅游者,近年来随着该地区旅游业和工业的迅速发展,生态环境保护 and 重建问题越来越突出。研究表明,乌鲁木齐南部山区森林生态系统树生地衣种类比阿勒泰山森林生态系统的树生地衣种类少,同时该区域森林生态系统受到矿产开发、放牧和旅游等人类活动的影响,出现了植被退化和环境污染等现象。Selva(1994)以及 Inga 和 Jannus(2003)的研究表明,森林生态系统对树生地衣植物多样性保护具有重要作用,通过调整林冠层的郁闭度和增加树种数量,能够提高森林生态系统树生地衣植物的物种多样性。因此,本文提出乌鲁木齐南部山区地衣植物多样性的保护应从保护森林入手,禁止乱砍滥伐和在林地内大兴建设旅游区,这对森林的管理和地衣资源的保护及开发利用等方面具有重要意义。

## 参考文献

艾尼瓦尔·吐米尔,阿不都拉·阿巴斯(2002).天山森林生态系统树生地衣生态分布的DCA排序.植物资源与环境学报

11, 41-46.

艾尼瓦尔·吐米尔,阿不都拉·阿巴斯(2006).阿勒泰东部山区森林生态系统树生地衣群落特征的初步研究.云南植物研究 28, 415-420.

艾尼瓦尔·吐米尔,阿地力·阿不都拉,阿不都拉·阿巴斯(2005).天山森林生态系统树生地衣植物群落数量分类及其物种多样性的研究.植物生态学报 29, 615-622.

陈健斌(1995).地衣的特殊性多样性及其重要性.生物多样性 3, 113-117.

陈健斌,刘晓娟,黄永青(1999).北京东灵山地区主要树生地衣调查初报.生态学报 19, 76-79.

郭水良,曹同(1999).长白山森林生态系统腐木生苔藓植物生态分布的DCA排序研究.应用生态学报 10, 399-403.

郭水良,曹同(2000).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.植物生态学报 24, 442-450.

李苏,刘文耀,王立松,杨国平,李达文(2007).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.生物多样性 15, 445-455.

刘德华,包维楷(2006).冷杉天然林下地表主要苔藓斑块生物量及其影响因素.植物学通报 23, 684-690.

王伯荪(1987).植物群落学.北京:高等教育出版社. pp. 217-233.

阳含熙,卢泽愚(1981).植物生态学数量分析方法.北京:科学出版社. pp. 90-252.

杨振京,孔昭宸,阎顺,倪健,马克平,许清海(2004).天山乌鲁木齐河源区大西沟表土花粉散布特征.干旱区地理 27, 543-547.

张元明,曹同,潘伯荣(2003).新疆博格达山地面生苔藓植物物种多样性研究.应用生态学报 14, 887-891.

中国科学院新疆综合考察队,中国科学院植物研究所(1978).新疆植被及其利用.北京:科学出版社. pp. 1-378.

Cieslinski S, Glanc K(1995). Lichenes. *Phytocoenosis* 7, 75-86.

Cornelissen JHC, Ter Steege H(1989). Distribution and ecology of epiphytic bryophytes and lichens in dry evergreen forest of Guyana. *J Trop Ecol* 5, 131-150.

David WJ(1979). Air pollution and the distribution of corticolous

- lichens in Seattle, Washington. *Northwest Sci* **53**, 257 - 263.
- Griffin M, Conran JG** (2006). Ecology of the corticolous lichens on *Pinus radiata* at five sites of increasing age near Linton, Victoria, Australia. *Austral Ecol* **19**, 328 - 335.
- Hale ME** (1983). *The Biology of Lichens*, 3rd Edn. London: Edward Arnold Publishers Ltd, Great Britain. pp. 97 - 107.
- Humphrey JW, Davey S, Peacock AJ, 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 Conserv* **107**, 165 - 180.
- Ihlen PG, Gjerde I, Saetersdal M** (2001). Structural indicators of richness and rarity of epiphytic lichens on *Corylus avellana* in two different forest types within a nature reserve in southwestern Norway. *Lichenologist* **33**, 215 - 229.
- Inga J, Jannus P** (2003). Epiphytic and epixylic lichens species diversity in Estonian natural forest. *Biodivers Conserv* **12**, 1587 - 1607.
- Lakatos M, Rascher U, Büdel B** (2006). Functional characteristics of corticolous lichens in the understory of a tropical lowland rain forest. *New Phytol* **172**, 679 - 695.
- McCune B, Dey J, Peck J, Heiman K, Will-Wolf S** (1997). Regional gradients in lichen communities of the Southeast United States. *Bryologist* **100**, 145 - 158.
- Mickle JE** (1977). A comparison of cover and distribution of corticolous macro-epiphytes in three woodlots in and north of Columbus, Ohio. *Ohio J Sci* **77**, 146 - 148.
- Munzi S, Ravera S, Caneva G** (2007). Epiphytic lichens as indicators of environmental quality in Rome. *Environ Pollut* **146**, 350 - 358.
- Russell S** (1982). Humidity gradients and bryophyte zonation in the Afromontane forests of the eastern Cape, South Africa. *J Hattori Bot Lab* **52**, 299 - 302.
- Sean CT, Denise AL, Charles BH** (2001). Corticolous bryophytes in managed Douglas-fir forests: habitat differentiation and responses to thinning and fertilization. *Can J Bot* **79**, 886 - 896.
- Selva SB** (1994). Lichen diversity and stand continuity in the northern hardwoods and spruce fir forest of northern New England and western New Brunswick. *Bryologist* **97**, 424 - 429.
- Sillett SC, McCune B, Peck JE, Rambo TR, Ruchty A** (2000). Dispersal limitations of epiphytic lichens result in species dependent on old-growth forests. *Ecol Appl* **10**, 789 - 799.
- Torbjerg B** (2003). The influence of environmental factors on the spatial distribution of saxicolous lichens in a Norwegian coastal community. *J Veg Sci* **14**, 524 - 525.
- Uta M, Bruce DR, Douglas WL** (2000). Community structure of epilithic lichens on the cliffs of the Niagara Escarpment, Ontario, Canada. *Plant Ecol* **148**, 233 - 244.
- Whittaker RH** (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biol Rev* **49**, 207 - 264.

## Corticolous Lichen Community Structure in a Forest Ecosystem in the Southern Mountains of Urumqi

Anwar·Tumur, Reyim·Mamut, Abdulla·Abbas\*

College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

**Abstract** To understand corticolous lichen species composition and its community structure characteristics, principal component analysis (PCA) and cluster analysis methods were used to study a corticolous lichen community in the forest ecosystem of the southern mountains of Urumqi. Thirty-nine corticolous lichen species, belonging to 5 orders, 13 families and 26 genera, were found. Multivariate analysis and characteristics of habitat revealed that the corticolous lichen communities could be classified into three types: (1) *Lecanora hageni* (Ach.) Ach. + *Physcia stellaris* (L.) Nyl. + *L. saligna* (Schrad.) Zahlbr.; (2) *Physcia aipolia* (Humb.) Furr. + *Ph. dimidiata* (Arn.) Nyl. + *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm.; and (3) *Xanthoria fallax* (Hepp) Arnold. + *X. elegans* (Link.) Th. Fr. Community 3 had highest species diversity (1.509), then community 2 (1.109), then community 1 (1.088). Altitude and tree types were the two important environmental factors influencing the structural patterns of corticolous lichen communities in this forest ecosystem.

**Key words** corticolous lichen community, multivariate data analysis, species diversity

**Tumur A, Mamut R, Abbas A** (2009). Corticolous lichen community structure in a forest ecosystem in the southern mountains of Urumqi. *Chin Bull Bot* **44**, 578–586.

---

\* Author for correspondence. E-mail: abdulla@xju.edu.cn

(责任编辑: 刘慧君)