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

艾尼瓦尔·吐米尔 阿地里江·阿不都拉 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 地衣是由低等植物中的藻类与菌类中的真菌和兰细菌共生而成的一群特殊的植物。由于耐寒耐旱对生活中的养分要求不高, 在养份贫瘠、环境恶劣的高山寒漠、平原、戈壁和沙漠中地衣都能生长, 因而广泛地分布和生长在不同的生态环境中。有关新疆地衣方面的研究报道集中在物种分类水平上, 对于地衣群落结构方面的研究比较少。因此, 我们应用多元分析中的主分量分析及聚类分析方法对分布在天山森林生态系统中树生地衣植物群落进行数量分类并对群落结构物种多样性、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, 在西部天山不同森林生态系统中树生地衣群落的分布与海拔高度和树种有密切的关系, 不同海拔的不同类型的森林生态系统中分布着不同种类的树生地衣植物。根据多元分析结果和生境的综合特征, 该地区的树生地衣可划分为 4 种类型: 1) 茎口果粉衣 + 金黄茶衣群丛 *Chaenotheca stemonea* + *Candellaria aurella* Association; 2) 叉小孢衣 + 裸扁枝衣 + 粉唇蜈蚣衣群丛 *Bryoria furcellata* + *Evernia esorediosa* + *Physcia tribacoides* Association; 3) 亚广开梅衣 + 槽梅衣 + 疑小梅衣群丛 *Parmelia fertilis* + *Parmelia sulcata* + *Parmeliopsis ambigua* Association; 4) 睫毛黑蜈蚣衣 + 黑蜈蚣衣群丛 *Phaeophyscia ciliata* + *Phaeophyscia nigricans* Association。其群落多样性指数以亚广开梅衣 + 槽梅衣 + 疑小梅衣群丛为最高 (1.920), 叉小孢衣 + 裸扁枝衣 + 粉唇蜈蚣衣群丛为最低 (1.562)。

关键词 树生地衣 多元数据分析 群落结构 物种多样性 天山森林生态系统

NUMERICAL CLASSIFICATION AND SPECIES DIVERSITY OF CORTICOLOUS LICHEN COMMUNITIES IN FOREST ECOSYSTEMS OF THE TIANSHAN MOUNTAINS

TUMUR Anwar ABDULLA Adil and ABBAS Abdulla *

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

Abstract Using principal component analysis (PCA) and cluster analysis method, the community structure and species diversity characteristics of corticolous lichen communities in a western Tianshan forest ecosystem were studied in this paper. The results showed that corticolous lichen communities differed with altitude and on different tree types. Based on the results of a multivariate analysis and universal characteristics of habitat, the corticolous lichens communities in the forest ecosystem in western Tianshan can be generalized into four major types: 1) *Chaenotheca stemonea* + *Candellaria aurella* Association; 2) *Bryoria furcellata* + *Evernia esorediosa* + *Physcia tribacoides* Association; 3) *Parmelia fertilis* + *Parmelia sulcata* + *Parmeliopsis ambigua* Association; 4) *Phaeophyscia ciliata* + *Phaeophyscia nigricans* Association. Community 3 had the highest species diversity (1.920) and community 2 had the lowest (1.562). At the same time, we found that altitude and forest canopy density were the two most important environmental factors influencing the structural patterns of corticolous lichen communities in these forest ecosystems.

Key words Corticolous lichen, Multivariate data analysis, Community structure, Species diversity, Tianshan forest ecosystem

地衣是由低等植物中的藻类与菌类中的真菌和兰细菌共生而成的一群特殊的植物(Mason, 1983)。地衣作为先锋植物在植物群落原生演替系列中土壤的形成和环境条件的改善等方面起着重要的作用

收稿日期: 2004-03-03 接受日期: 2004-12-20
基金项目: 国家自然科学基金项目(30160001, 30460001 和 39860002)
* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: abdulla@xju.edu.cn
E-mail of the first author: anwar_tumur@hotmail.com

(Mason, 1983)。

最早有关新疆地衣的文献见于俄国地衣学家于 1901 年发表的“俄国及其东部边界的地衣”一文。随后对新疆地衣的种类研究有所报道(刘慎谔, 1934; 魏江春, 1981; 赵继鼎, 1982; 吴金陵, 1985; 王先业, 1985; 吴继农, 1997)。阿不都拉·阿巴斯从 1990 年开始系统地进行了新疆地衣分类学方面的研究(阿不都拉·阿巴斯, 1996, 1998; Abudulla *et al.*, 2001, 2002)。虽然对新疆地衣生态特征及地理区系等方面的研究有些报道(努尔巴衣, 1999; 努尔巴衣和阿不都拉·阿巴斯, 2000; 努尔巴衣等, 2001; 艾尼瓦尔·吐米尔和阿不都拉·阿巴斯, 2001a, 2001b, 2002a, 2002b)等,但是对天山西部山脉森林生态系统树生地衣群落数量分类的系统研究仍未见报道。多元分析中的主分量分析及系统聚类法已广泛应用于植物群落的分类研究中(阳含熙和卢泽愚, 1981)。树生地衣是森林生态系统的主要组成部分,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、森林的生产量及森林的气候条件等因素的影响。同时树生地衣对森林的生长发育、森林群落演替阶段的判断和森林管理亦具有重要意义(Inga & Jannus, 2003; Cieslinski & Glanc, 1995)。因此笔者对新疆北部天山西部山脉进行了

野外研究,对树生地衣群落的物种组成及群落结构特征用数量分类方法进行了定量的生态学研究,为保护地衣植物的生物多样性提供合理的森林资源经营策略。

1 研究样地和方法

研究地点位于伊犁河三大支流交汇处,东达天山主峰区,西连伊犁河谷地。地理位置 81°34′ ~ 83°35′ E, 42°54′ ~ 43°38′ N, 气候属于大陆性北温带干旱气候,四季分明,夏秋短,冬春长。年平均气温 7.4℃,一月平均温度 - 11.2℃,七月份平均气温 21.1℃,无霜期 142 ~ 150 d,年降平均水量为 300 ~ 700 mm。

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 20 个(表 1),采集样方内所有树木不同生境特点的树生地衣植物。样方内树生地衣植物的盖度计算方法为: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 2.22 cm × 2.22 cm 的小格 81 个,调查时,计测每种地衣植物在铁筛网格线交叉处出现的次数,估测每棵树上树生地衣的盖度(郭水良和曹同, 1999, 2000a; Mc *et al.*, 1997; Per & Ivay, 2001; Inga & Glanc, 2003)。

表 1 20 个样方植物群落主要组成种类
Table 1 Main components of forest, altitude and canopy density

样点 Site	海拔 Altitude (m)	森林类型 Forest types	郁闭度 Canopy density
1	800	密叶杨 + 天山柳 + 天山桦木 + 天山忍冬	0.80
2	850	密叶杨 + 天山柳 + 天山桦木 + 天山忍冬	0.80
3	890	密叶杨 + 天山柳 + 天山桦木 + 天山忍冬 + 野蔷薇	0.85
4	900	粗毛锦鸡儿 + 草麻黄 + 天山桦木 + 密叶杨	0.81
5	950	粗毛锦鸡儿 + 草麻黄 + 天山桦木 + 密叶杨	0.75
6	1 050	天山圆柏 + 天山柳 + 腺毛蔷薇 + 粗毛锦鸡儿	0.85
7	1 100	天山圆柏 + 天山柳 + 腺毛蔷薇	0.65
8	1 250	雪岭云杉 + 天山花楸 + 天山桦木 + 弯刺锦鸡儿	0.80
9	1 250	天山花楸 + 天山桦木 + 腺毛蔷薇	0.80
10	1 350	雪岭云杉 + 天山花楸 + 天山山杨 + 天山忍冬	0.87
11	1 350	天山山杨 + 天山柳 + 天山花楸 + 圆柏	0.70
12	1 500	天山桦木 + 天山花楸 + 山查 + 小檗	0.84
13	1 700	天山花楸 + 天山忍冬 + 山查 + 天山圆柏	0.82
14	1 750	天山桦木 + 天山花楸 + 山查 + 小檗	0.80
15	1 800	密叶杨 + 黑果小檗 + 兰叶柳	0.76
16	1 900	密叶杨 + 绒毛杨 + 黑果小檗 + 弯刺锦鸡儿	0.81
17	1 900	天山桦木 + 雪岭云杉 + 天山花楸	0.81
18	1 950	天山桦木 + 雪岭云杉 + 天山山杨	0.86
19	2 000	密叶杨 + 天山桦木 + 山查	0.88
20	2 000	密叶杨 + 绒毛杨 + 黑果小檗 + 天山柳	0.71

密叶杨 *Populus talassica* 天山柳 *Salix tianschanica* 天山桦木 *Betula tianschanica* 天山忍冬 *Lonicera iliensis* 野蔷薇 *Rosa silverhjelmi* 粗毛锦鸡儿 *Caragana dasyphylla* 草麻黄 *Ephedra intermedia* 天山圆柏 *Juniperus tianschanica* 腺毛蔷薇 *Rosa fedtschenkoana* 雪岭云杉 *Picea schrenkiana* 天山花楸 *Sorbus tianschanica* 弯刺锦鸡儿 *Caragana spinosa* 绒毛杨 *Populus pilosa* 黑果小檗 *Berberis heteropoda* 兰叶柳 *Salix capusii* 山查 *Crataegus pinnatifida* 小檗 *Berberis amurensis* 天山山杨 *Populus davidiana* 圆柏 *Sabina chinensis*

数据分析: 应用 MVSP (Multivariate statistical package) 3.13d (Kovach Computing Services) 系统统计软件, 以树生地衣盖度为指标, 对 20 个样方进行主分量分析, 以 50 个不同树生地衣种在 20 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(王伯荪, 1987; Mason, 1983; Inga & Glanc, 2003)。

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

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

其中: I 为相似性指数; a_i 为物种 i 的个体分别在群落 a 中的比例; b_i 为物种 i 的个体分别在群落 b 中的比例; S 为 a, b 群落中相应的种数。

采用 Shannon-Wiener 公式计算多样性(王伯荪, 1987; Selva, 1994; Inga & Glanc, 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: $J = H/H_{max}$, 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 $H_{max} = \ln s$, s 为总种数。

2 结果与分析

2.1 树生地衣植物发生量与海拔高度的关系

地衣对基物有高度的选择性和适应性, 这取决于组成地衣的菌类-藻类共生体的生理生态特征, 随着海拔高度的变化树生地衣发生量发生相应的变化(图 1)。在调查的 20 个样方中, 共有树生地衣植物 50 种(表 2)。从图 1 可以看出, 在海拔 800 ~ 1 100 m 的森林带中, 树生地衣的发生量比较一致, 而 1 100 ~ 1 850 m 之间地衣发生量随海拔上升而增加, 在 1 650 ~ 1 800 m 之间达到最高, 而后随着海拔上升, 发生量又明显下降。

2.2 树生地衣植物群落的分布格局

以各样方树生地衣植物盖度为指标, 同时用海拔高度, 温度, 湿度等参数对 20 个样方和 50 个主要树生地衣植物种类进行了多元分析(阳含熙和卢泽愚, 1981)(图 2, 图 3)。20 个样方 50 种树生地衣植物的原始数据矩阵见表 3。从图 2 和 3 可以看出, 主分量分析及聚类分析的结果基本一样, 20 个样方可区分出 4 组, 分别与一定的林型相对应, 它们在排序

图 1 不同海拔高度森林生态系统中树生地衣发生量
Fig.1 Quantitive change of corticolous lichens in forest ecosystems at different altitudes in Tianshan

图 2 天山森林生态系统树生地衣群丛分布格局主分量分析
Fig.2 Principal component analysis of distribution pattern of corticolous lichen associations in forest ecosystems in Tianshan

图 3 天山森林生态系统树生地衣群丛分布格局聚类分析
Fig.3 Cluster analysis of distribution pattern of corticolous lichen associations in forest ecosystems in Tianshan

图从左到右的位置关系反映了它们在海拔上由低向高的分布趋势。并根据优势种命名法(王伯荪,

表 2 天山森林生态系统 50 种树生地衣植物
Table 2 List of 50 corticolous lichens species in forest ecosystems in Tianshan

地衣种类 Lichens species	海拔高度 Altitude (m)	生境类型 Habitat types	树木种类 Plant species
冷杉粉衣 <i>Calicium abietinum</i>	1 700 – 1 800	云杉树皮, 忍冬 Spruce bark & Honeysuckle	雪岭云杉, 兰叶柳, 天山忍冬
茎口果粉衣 <i>Chaenotheca stemonea</i>	1 040 – 2 080	树皮, 树干 Bark & trunk	雪岭云杉
同色黄烛衣 <i>Candelaria concolor</i>	1 000 – 2 800	树皮, 藓丛 Bark & grass	天山圆柏, 天山桦木
金黄茶衣 <i>Candelaria aurella</i>	1 080 – 3 000	树皮, 树枝 Bark & branch	绒毛杨, 天山柳
黄粒黄茶衣 <i>Candelariella xanthostigma</i>	1 020 – 2 600	云杉树皮 Spruce bark	雪岭云杉
土星猫耳衣 <i>Leptogium saturninum</i>	1 300 – 2 950	树皮, 朽木 Bark, deadwood	天山花楸, 天山柳
脱落网衣 <i>Lecidea elabens</i>	2 100 – 2 400	针叶林 Decidious forest	雪岭云杉
甘肃网衣 <i>Lecidea kansuensis</i>	2 000 – 2 700	天山花楸树皮 Bark	天山花楸
黑亚网衣 <i>Micarea melaena</i>	1 850 – 3 000	树皮 Bark	绒毛杨, 天山圆柏
刺小孢衣 <i>Bryoria confusa</i>	900 – 1 900	树枝 Branch	落叶松, 红松
叉小孢衣 <i>Bryoria furcellata</i>	1 400 – 2 100	树皮 Bark	落叶松, 红松
柔扁枝衣 <i>Evernia divircata</i>	1 800 – 2 800	树枝, 树干, 岩面 Branch, trunk, rock	天山花楸, 天山桦木, 密叶杨
裸扁枝衣 <i>Evernia esorediosa</i>	1 100 – 2 100	树皮 Bark	红松, 天山桦木, 密叶杨
硬袋衣 <i>Hypogymnia austeroles</i>	1 600 – 2 550	树枝, 树皮 Branch & bark	密叶杨
袋衣唇裂变型 <i>Hypogymnia physodes</i> f. <i>labrosa</i>	1 900 – 2 050	树皮 Bark	落叶松
袋衣宽叶变型 <i>Hypogymnia physodes</i> f. <i>platyphylla</i>	1 900 – 2 500	树皮 Bark	落叶松, 天山华楸
微糙褐梅 <i>Melanelia exasperatulla</i>	1 320 – 2 450	树皮, 树枝 Bark & branch	雪岭云杉, 天山华楸等
茸褐衣 <i>Melanelia glabra</i>	1 300 – 1 700	树皮 Bark	小槲, 天山花楸
亚广开梅衣 <i>Parmelia fertilis</i>	1 000 – 2 050	树枝 Branch	落叶松, 天山华楸
槽梅衣 <i>Parmelia sulcata</i>	1 600 – 2 100	树枝, 树皮 Bark & branch	绒毛杨, 山查
栎缘毛梅衣 <i>Parmelina quercina</i>	1 800 – 2 300	树皮, 树干 Bark & trunk	雪岭云杉
疑小梅衣 <i>Parmeliopsis ambigua</i>	1 900 – 2 050	树皮, 树枝 Bark & branch	落叶松, 天山圆柏
亚花松萝 <i>Usnea subfloridana</i>	1 300 – 2 700	树皮, 树枝及朽木 Bark & branch	天山忍冬, 山查, 天山圆柏
刺柏黄髓岛衣 <i>Vulpicida juniperina</i>	1 500 – 2 200	树干 Trunk	山查, 小槲, 雪岭云杉
黄花黄髓岛衣 <i>Vulpicida pinastri</i>	1 300 – 2 100	树皮 Bark	天山桦木, 山查, 天山圆柏
睫毛黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia ciliata</i>	1 750 – 2 700	树皮 Bark	小槲, 天山忍冬, 落叶松
密集黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia constipata</i>	2 450 – 2 650	树皮及树枝 Bark & trunk	落叶松, 天山圆柏
白刺毛黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia hirtuosa</i>	900 – 1 950	树皮 Bark	天山桦木, 天山山杨
粉缘黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia limbata</i>	1 800 – 2 510	树皮, 树干 Bark & trunk	绒毛杨, 黑果小槲
黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia nigricans</i>	800 – 3 200	朽木, 树皮 Bark & trunk	粗毛锦鸡儿, 草麻黄
圆叶黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	850 – 2 450	树皮 Bark	天山桦木, 天山忍冬
翅叶蜈蚣衣 <i>Physcia adscendens</i>	900 – 2 200	树皮, 树枝, 枯枝 Bark & branch	密叶杨, 天山桦木
斑面蜈蚣衣 <i>Physcia aipolia</i>	600 – 2 850	树皮, 树枝 Bark & branch	柳树, 腺毛蔷薇
珊瑚芽蜈蚣衣 <i>Physcia clementi</i>	1 870 – 2 250	树皮, 树枝 Bark & branch	雪岭云杉
对开蜈蚣衣 <i>Physcia dimidiata</i>	900 – 2 600	树皮 Bark	雪岭云杉, 天山华楸
疑蜈蚣衣 <i>Physcia dubia</i>	1 900 – 2 100	树皮 Bark	密叶杨, 绒毛杨
半羽蜈蚣衣 <i>Physcia semipinnata</i>	2 000 – 2 400	树皮 Bark	天山柳, 黑果小槲
蜈蚣衣 <i>Physcia stellaris</i>	1 050 – 1 800	树皮 Bark	兰叶柳, 黑果小槲
长缘毛蜈蚣衣 <i>Physcia tenella</i>	930 – 1 010	树皮 Bark	草麻黄, 天山桦木
糙蜈蚣衣 <i>Physcia tribacia</i>	980 – 1 650	树皮 Bark	天山忍冬, 天山圆柏
粉唇蜈蚣衣 <i>Physcia tribacoides</i>	1 850 – 2 800	树皮 Bark	密叶杨, 绒毛杨, 天山柳
粉树花 <i>Ramalina farnacea</i>	1 050 – 1 800	树皮及树枝 Bark & branch	黑果小槲
粉粒树花 <i>Ramalina pollinaria</i>	2 000 – 3 170	树皮 Bark	密叶杨, 绒毛杨, 天山柳
中国树花 <i>Ramalina sinensis</i>	1 700 – 2 500	树皮, 树枝 Bark & trunk	天山花楸, 天山忍冬
具冠橙衣 <i>Caloplaca coronata</i>	1 800 – 2 740	树皮, 树枝 Bark & trunk	雪岭云杉, 黑果小槲
细片石黄衣 <i>Xanthoria candelaria</i>	1 600 – 1 980	树皮, 树枝 Bark & trunk	山查, 黑果小槲, 天山花楸
拟石黄衣 <i>Xanthoria fallax</i>	900 – 2 450	树枝, 树皮 Bark & trunk	草麻黄, 天山桦木
膜瓣缘衣 <i>Lepraria mumbrancea</i>	2 100 – 2 500	树枝, 树皮 Bark & trunk	绒毛杨, 黑果小槲
毛边雪花衣变黑变型 <i>Anaptychina ciliaris</i> f. <i>nigrescens</i>	850 – 2 500	树皮, 树枝 Bark & trunk	密叶杨, 天山圆柏
污白雪花衣 <i>Anaptychina ulothricoides</i>	800 – 2 550	树皮, 树枝 Bark & trunk	粗毛锦鸡儿, 天山忍冬等

雪岭云杉 *Picea schrenkiana* 兰叶柳 *Salix capusii* 天山忍冬 *Lonicera iliensis* 天山圆柏 *Juniperus tianschanica* 天山桦木 *Betula tianschanica*
绒毛杨 *Populus pilosa* 天山柳 *Salix tianschanica* 天山花楸 *Sorbus tianschanica* 落叶松 *Larix* 红松 *Pinus karaiensis* 密叶杨 *Populus talassica* 小槲 *Berberis amurensis* 山查 *Crataegus pinnatifida* 黑果小槲 *Berberis heteropoda* 腺毛蔷薇 *Rosa fedtschenkoana* 草麻黄 *Ephedra sinica* 粗毛锦鸡儿 *Caragana dasyphylla* 天山山杨 *Populus davidiana*

表 3 20 个样方 50 个树生地衣植物群落原始数据矩阵
Table 3 Matrix of 20 plots and 50 corticolous lichens communities

物种号 No. of species	样方号 No. of plots																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
2	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
3	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
4	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
5	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
9	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
10	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1
11	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1
12	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
13	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
15	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
16	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
17	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0
18	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0
19	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
20	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0
21	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0
22	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
23	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
24	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
25	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
26	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
27	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
28	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
29	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
32	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
33	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
34	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
35	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
36	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
37	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
38	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
39	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
40	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
42	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
43	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
44	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
45	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
47	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
48	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0
49	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0
50	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

1 表示该物种分布的样方 “1” Show this species distributed in the plot 0 表示该物种没有分布的样方 “0” Show this species does not distributed in the plot

1987; Mason, 1983; Inga & Glanc, 2003)对地衣群落进行命名。

组 1: 包括样方 1、3、4、7 热量条件较好, 降水量适合, 土壤 pH 为 7, 平均降水量为 730 mm, 主要的树种有天山华楸(*Sorbus tianschanica*)、天山柳(*Salix tianschanica*)、密叶杨(*Populus talassica*)、天山桦木(*Betula tianschanica*)等适合于多种地衣的生长。主要的树生地衣冷杉粉衣(*Calicium abietinu*)、茎口果粉衣(*Chaenotheca stemonea*)、黑盘灰衣(*Tephromela atra*)、同色黄烛衣(*Candelaria concolor*)、金黄茶衣(*Candellaria aurella*)、黄粒黄茶衣(*Candelariella xanthostigma*)、土星猫耳衣(*Leptogium saturninum*)等。定名为茎口果粉衣 + 金黄茶衣群丛。

组 2: 包括样方 2、5、6、9、10、11、17、18、19、20。年平均降水量为 780 ~ 850 mm 左右, 土壤 pH 值为 6.6, 植物覆盖度高, 森林分层比较明显, 主要的树种有雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)、黑果小檗(*Berberis heteropoda*)、密叶杨(*Populus talassica*)、山查(*Crataegus pinnatifida*)、天山圆柏(*Juniperus tianschanica*)、天山山杨(*Populus davidiana*)等。主要的树生地衣有叉小孢衣(*Bryoria furcellata*)、柔扁枝衣(*Evernia divircata*)、裸扁枝衣(*Evernia esorediosa*)、糙蜈蚣衣(*Physcia tribacia*)、粉唇蜈蚣衣(*Physcia tribacoides*)、拟石黄衣(*Xanthoria fallax*)、黄花黄髓岛衣(*Vulpicida pinastri*)等。定名为叉小孢衣 + 裸扁枝衣 + 粉唇蜈蚣衣群丛。

组 3: 包括样方 8、12、13、16。该地段的树种多样, 具有较独特的微环境, 年平均降水量为 880 ~ 950 mm 左右, 水分充足, pH 值为 5.7 左右, 主要的树种有天山桦木、密叶杨、天山圆柏、弯刺锦鸡儿、忍冬、天山花楸、雪岭云杉等, 森林类型比较复杂, 适合于多种地衣的生长。因此, 地衣种类也较多, 多样性也高。样点主要的地衣植物种类有亚广开梅衣(*Parmelia fertilis*)、槽梅衣(*Parmelia sulcata*)、栎缘毛梅衣(*Parmelina quercina*)、叉小孢衣(*Bryoria furcellata*)、柔扁枝衣(*Evernia divircata*)、疑小梅衣(*Parmeliopsis ambigua*)、密集黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia constipata*)、白刺毛黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia hirtuosa*)、粉树花(*Ramalina farnacea*)、毛边雪花衣变黑变型(*Anaptychina ciliaris* f. *nigrescens*)等。定名为亚广开梅衣 + 槽梅衣 + 疑小梅衣群丛。

组 4: 包括样方 14、15。年平均降水量为 800 mm 左右, 土壤 pH 值为 6.5 左右, 主要树种有密叶杨、黑果小檗、雪岭云杉、密叶杨、兰叶柳(*Salix capusii*)、腺

毛蔷薇(*Rosa fedtschenkoana*)等。主要地衣种类亚花松萝(*Usnea subfloridana*)、刺柏黄髓岛衣(*Vulpicida juniperina*)、睫毛黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia ciliata*)、密集黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia constipata*)、白刺毛黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia hirtuosa*)、粉缘黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia limbata*)、黑蜈蚣衣(*Phaeophyscia nigricans*)、类锈橙衣(*Caloplaca ferrugineoides*)、黄红橙衣(*Caloplaca flavorubescens*)、细片石黄衣(*Xanthoria candelaria*)等。定名为睫毛黑蜈蚣衣 + 黑蜈蚣衣群丛。

从以上分析可以看出, 主分量分析和聚类分析结果相对应, 在天山森林生态系统不同的森林类型中, 树附生地衣植物群落的组成差异明显。一般影响树附生地衣植物分布的因素多样, 其中不同海拔会形成温度、降水量的差异, 树干上离树基位置不同, 周围空气湿度、光照强度不同, 树皮含水量也有差异。尽管树种的分布与海拔高度有相关性, 但是不同的树种、树皮在营养条件、集水性能、pH 值、表面粗糙程度以及硬度等方面存在差异(郭水良和曹同, 2000a, 2000b; 曹同和郭水良, 2000)。本研究结果中我们可以看出, 数量分类和传统分类的结合使用, 提高地衣群落划分的准确性, 更准确地表明天山森林生态系统树生地衣群落的地带性分布, 垂直分布特征与周围不同环境因素之间的关系。

2.3 树生地衣植物群落的物种多样性、相似性和均匀度

为了进一步找出各群落之间的差异规律, 我们采用相似性指数、多样性和均匀度对群落进行比较。计算结果如表 4 和 5。

群落相似性是反映不同群落相互关系程度的主要参数。一般用该指数可以比较不同地区或同一个地区不同群落之间的差异程度为群落的分类提供依据。本研究发现群丛 1 和群丛 2 之间的相似性最高为 0.536, 次为群丛 1 和群丛 3(0.485), 我们认为这与群丛 1 和群丛 2 中分布的树生地衣植物种类比较相似, 主要树种基本一致, 海拔高度之间的差异不大等因素有关系, 导致群丛 3 和群丛 4 之间的相似性最低(0.117)的主要原因是, 组成群丛的地衣种类不同, 群丛分布的森林类型和周围环境因素等也有一定的关系。群落的多样性通常与其组成种的丰富度或多度及种间个体数分布的均匀度两个参数有关。用其指数可以定量比较不同地区或同一地区不同群落的结构特征。由表 5 可见, 群丛 3 的多样性最大(1.920), 其次为群丛 1(1.787), 群丛 2 的多样性最低。各群丛的多样性有明显差异。此差异与其所处

环境的复杂性有关。从均匀度上看,反映了 4 个群丛中地衣分布的不均匀性。群丛 2 和群丛 4 虽然种类较少,但各地衣种类的分布较均匀。群丛 3 虽然种类多,多样性也多,但是物种的分布不均匀,因此,均匀度最低。

表 4 天山森林生态系统树生地衣群丛相似性比较
Table 4 Comparison with similarity of the corticolous lichen associations in forest ecosystems in Tianshan

地衣群丛 Lichens associations	群丛 1 Association 1	群丛 2 Association 2	群丛 3 Association 3
群丛 2 Association 2	0.536		
群丛 3 Association 3	0.485	0.325	
群丛 4 Association 4	0.168	0.257	0.117

表 5 天山森林生态系统树生地衣群丛多样性及均匀度
Table 5 Comparison with diversity index and evenness of the corticolous lichen associations in forest ecosystems in Tianshan

群丛 Associaton	种数 Species	多样性 Diversity	H_{max}	均匀度 Evenness
1	15	1.787	2.708	0.659
2	10	1.562	2.302	0.678
3	20	1.920	2.995	0.641
4	13	1.652	2.564	0.644

3 小 结

Gieslinski 和 Glanc (1995) 等提出,在进行森林采伐时,保留一些成熟的或老的树木以提高森林的地衣植物多样性,美国的一些国有公地管理也采用了这些措施。Selva (1994)、Inga 和 Jannus (2003) 等研究表明,森林生态系统对树生地衣植物多样性保护具有重要作用。因此,通过调整林冠层的郁闭度,增加树种数量,能够提高森林生态系统地衣植物的多样性。本文采用多元分析中的主分量及聚类分析初步研究了天山西部山脉森林生态系统树生地衣植物的分布格局及影响其分布的重要环境因子(海拔高度)之间的关系,发现不同森林生态系统中随着海拔高度的升高,不同的树上分布着不同的地衣种类。同时我们发现采用多元数量分析结合传统的分类方法对地衣植物群落进行分类,能有效地提高研究数据的科学性,准确性,减少研究者的偏见和避免数据处理当中的一些误差的发生。天山西部山脉森林生态系统是新疆的主要森林生产基地,合理开发和利用将有效地促进新疆的经济发展。本文共记录该地区分布的树生地衣种类有 50 种,发现它们的分布和树种类型,树皮及树干的化学成分,微小环境因素等

多种因素有相关性(阿不都拉·阿巴斯,1998)。Russell (1982)测定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引起树干附生植物垂直梯度分布的重要因素。郭水良和曹同(2000a,2000b)研究长白山地区森林生态系统树附生苔藓植物群落分布格局时发现,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,不同森林郁闭度不同引起的空气湿度差异是一个重要的因素。Slack (1976)发现树皮性质随着环境条件而变化。我们的研究结果和以上结果比较一致。另外 Hoffman 和 Kazmierski (1969)研究认为,利用树附生植物群落能够指示环境条件,Russell (1982)认为根据附生苔藓植物在树干上垂直分布的差异,可以更细地对森林植被进行分类。因此,我们认为进一步研究森林生态系统树生地衣群落及物种多样性对评价森林群落演替阶段,确定森林年龄结构和森林的管理和开发利用等方面具有重大的意义。

参 考 文 献

Abdulla A (阿不都拉·阿巴斯) (1996). The historical review of Xinjiang lichens. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 13 (2), 1 – 8. (in Chinese with English abstract)

Abdulla A (阿不都拉·阿巴斯) (1998). *Lichens of Xinjiang* (新疆地衣) 1st edn. Science Technology & Hygiene Publishing House of Xinjiang, Urumqi. (in Chinese)

Abdulla A, Hairet M, Anwar T (2001). A checklist of lichens of Xinjiang, China. *Harvard paper in Botany*, 5, 359 – 370.

Abdulla A, Anwar T, Hairet M (2002). Contribution to the knowledge of lichens from Xinjiang, China, including a preliminary checklist. *CHENIA*, 7, 173 – 186.

Anwar T (艾尼瓦尔·吐米尔), Abbas A (阿不都拉·阿巴斯) (2001a). Preliminary study of the lichen communities minimal area in Western Tianshan Mts in Xinjiang. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 18 (1), 66 – 69. (in Chinese with English abstract)

Anwar T (艾尼瓦尔·吐米尔), Abbas A (阿不都拉·阿巴斯) (2001b). Preliminary study of the lichen ecological characteristics in Xinjiang. *Journal of Xinjiang University* (Natural Sciences Edition) (新疆大学学报(自然科学版)), 19, 61 – 67. (in Chinese with English abstract)

Anwar T (艾尼瓦尔·吐米尔), Abbas A (阿不都拉·阿巴斯) (2002a). Study corticolous lichens community minimal area in wetern Tianshan Mts in Xinjiang. *Journal of Xinjiang University* (Natural Science Edition) (新疆大学学报(自然科学版)), 19, 222 – 226. (in Chinese with English abstract)

Anwar T (艾尼瓦尔·吐米尔), Abbas A (阿不都拉·阿巴斯) (2002b). DCA ordination of ecological distribution of saprophytic

- lichens in forest ecosystem of Tianshan Mts. *Journal of Plant Resources and Environment* (植物资源与环境学报), 11 (3), 41 – 46. (in Chinese with English abstract)
- Cao T(曹同), Guo SL(郭水良) (2000). Study on bryophytes diversity in the main ecosystems in Changbai Mountain. *Chinese Biodiversity* (生物多样性), 8, 50 – 59. (in Chinese with English abstract)
- Cieslinski S, Glanc K (1995). Lichenes. *Phytocoenosis*, 7, 75 – 86.
- Guo SL(郭水良), Cao T(曹同) (1999). DCA ordination of ecological distribution of saprophytic bryophytes in forest ecosystem in Changbai Mountains. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 10, 399 – 403. (in Chinese with English abstract)
- Guo SL(郭水良), Cao T(曹同) (2000a). Studies on community distributive patterns of epiphytic bryophytes in forest ecosystem in Changbai Mountain. *Acta Phytocoecologica Sinica* (植物生态学报), 24, 442 – 450. (in Chinese with English abstract)
- Guo SL(郭水良), Cao T(曹同) (2000b). Studies on relationships of epiphytic bryophytes and environmental factors in forest ecosystem in Changbai Mountain forest. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 20, 923 – 931. (in Chinese with English abstract)
- Hoffman GR, Kazmierski R (1969). An ecological study of epiphytic bryophytes and lichens on *Pseudotsuga munziesii* on the Olympic Peninsula, Washington, a description of the vegetation. *Bryologist*, 74, 413 – 427.
- Inga J, Jannus P (2003). Epiphytic and epixylic lichens species diversity in Estonian natural forest. *Biodiversity and Conservation*, 12, 1587 – 1607.
- Liu SE (刘慎谔) (1934). An introduction to phytogeography of southern and western China. *Collection of Botanical Institute. Beijing Research Institute* (国立北平研究院植物研究丛刊), 2 (9), 423 – 451 (in Chinese)
- Mason EH (1983). *The Biology of Lichens*. Edward Arnold Publishers, Great Britain, 130 – 158.
- Mc C, Dey J, Peck, Heiman K, Wolf SW (1997). Regional gradients in lichen communities of the Southeast United States. *Bryologist*, 100, 145 – 158.
- Nurbay(努尔巴衣) (1999). The study of the plant flora in kanas natural conservation area. *Arid Zone Research* (干旱区研究(维文版)), 16(2), 10 – 22. (in Uyghu with Chinese abstract)
- Nurbay(努尔巴衣), Abbas A(阿不都拉·阿巴斯) (2000). Study lichen eco-geographical distribution in Kanas natural conservation. *Arid Zone Geography* (干旱区地理), 23(1), 72 – 75. (in Chinese with English abstract)
- Nurbay(努尔巴衣), Abbas A(阿不都拉·阿巴斯), Anwar T(艾尼瓦尔·吐米尔) (2001). The elementary characters of lichen flora in Kanas natural conservation. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 18(1), 52 – 65. (in Chinese with English abstract)
- Per GI, Ivar G (2001). Structural indicator of richness and rarity of epiphytic lichens on *Corylus avellana* in two different forest types within a nature reserve in south western Norway. *Lichenologist*, 33, 215 – 219.
- Russell S (1982). Humidity gradients and bryophyte zonation in the Afromontane forests of the eastern cape, South Africa. *Journal Hattori Botanical Laboratory*, 52, 299 – 302.
- 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.
- Slack NG (1976). Host specificity of bryophytic epiphytes in Eastern North America. *Journal Hattori Botanical Laboratory*, 41, 107 – 132.
- Yang HX (阳含熙), Lu ZY (卢泽愚) (1981). *Method of the Plant Ecology and Numerical Taxonomy* (植物生态学数量分析方法) 1st edn. Science Press, Beijing, 90 – 252. (in Chinese)
- Whittaker RH (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biological Review*, 49, 207 – 264.
- Wang BS(王伯荪) (1987). *Phytocommunity* (植物群落学) 1st edn. Higher Education Press, Beijing, 217 – 233. (in Chinese).
- Wang XY(王先业) (1985). *Lichens from Tumur Peak of the Tianshan Mt* (托木尔峰地衣) 1st edn. Xinjiang People's Publishing House, Urumqi, 328 – 353. (in Chinese)
- Wei JC(魏江春) (1981). Collection of the Chinese lichens specimens. *Botanical Research* (植物研究), 1 (3), 81 – 91. (in Chinese with English abstract)
- Whittaker RH (1967). Gradient analysis of vegetation. *Biological Review*, 49, 207 – 264.
- Wu JN(吴继农) (1997). The lichens new species from Hanas natural conservation. *Arid Zone Research* (干旱区研究), 14 (4), 13 – 15. (in Chinese with English abstract)
- Wu JL(吴金陵) (1985). Grassland lichens from Xinjiang. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), 5, 73 – 75. (in Chinese with English abstract)
- Zhao JD (赵继鼎) (1982). *The Lichens of China* (中国地衣) 3rd edn. Science Press, Beijing. (in Chinese)

责任编辑: 马克平 责任编辑: 姜联合