新疆天山西部山脉森林生态系统地衣群落结构的初步研究

艾尼瓦尔·吐米尔 阿不都拉·阿巴斯* 热衣木江·马木提 孜比尔尼沙·吾买尔

(新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐 830046)

摘要 根据多年的研究资料并采用聚类分析方法对分布在天山西部山脉的地衣群落结构进行了研究。结果表明, 分布在该地区的地衣种类形成了 6 种群落: 1) 土星猫耳衣(*Leptogium saturninum*) + 矮石蕊(*Cladonia humilis*) + 兰灰蜈蚣衣(*Phycia caesia*)群落; 2) 黑穗石蕊(*Cladonia amaurocraea*) + 角石蕊(*Cladonia cornuta*) + 硫石蕊(*Cladonia sulphurina*)群落; 3) 对开蜈蚣衣(*Phycia caesia*) + 斑面蜈蚣衣(*Phycia dimidiata*)群落; 4) 雪地茶(*Thamnolia subuliformis*) + 白腹地卷(*Peltigera leucophlebia*)群落; 5) 淡肤根石耳(*Umbilicaria virginis*) + 石梅衣(*Parmelia saxatilis*)地衣群落; 6) 腊肠梅衣(*Allantoparmelia almquistii*) + 白边岛衣(*Cetraria laevigata*)群落等, 地衣对基物形成专一性, 它们的基物包括: 树皮、藓丛、藓土、草地、石面、地面、土层、石浮土等。同时发现树皮生地衣群落的定性和定量最小面积分别为 25 ~ 50 cm² 和 51 ~ 72 cm² 和整体取样技术适合树皮生地衣的植物群落学研究。

关键词 地衣群落结构 群落最小面积 天山西部

PRELIMINARY STUDY ON THE LICHEN COMMUNITY STRUCTURE IN FOREST ECOSYSTEM OF WESTERN TIANSHAN MOUNTAINS

Anwar TUMUR Abdulla ABBAS Reyim MAMUT and Zibirnisa OMAR

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

Abstract In this paper, the authors used cluster analysis to study the lichen community structure in the forest ecosystem of the Western Tianshan Mountains of Xinjiang according to the spot survey results for years. The results showed that in this area the lichen species can be divided into six communities: 1) *Leptogium saturninum* + *Cladonia humilis* + *Phycia caesia* community; 2) *Cladonia amaurocraea* + *Cladonia cornuta* + *Cladonia sulphurina* community; 3) *Phycia caesia* + *Phycia dimidiata* community; 4) *Thamnolia subuliformis* + *Peltigera leucophlebia* community; 5) *Umbilicaria virginis* + *Parmelia saxatilis* community; 6) *Allantoparmelia almquistii* + *Cetraria laevigata* community. The lichens grow on bark of trees, rotten wood, mossy land, rocks, grassland and so on. The distribution of the lichens is mainly dependent on humidity, temperature, illumination, elevation, soil moisture and pH value of the environment. Some lichen species distributed in this area have economic and medicinal value and can act as air pollution indicators. Therefore, we suggest strengthening the management and reservation of the vegetation in this area. The minimum area of the corticolous lichen community of the western Tianshan Mountains was also studied by the method of the mean similarity coefficients of Sorensen and Kulcinsky. We discovered that in the western Tianshan Mountains the minimum areas of the corticolous lichens for qualitative and quantitative determination are 25 – 50 cm² and 51 – 72 cm² respectively, and the phytosociological study of the corticolous communities of the western Tianshan Mountains was performed by integral sampling.

Key words Lichen community structure, Minimum area of the community, Western Tianshan Mountains

新疆地衣最早的文献见于俄国地衣学家于 1901 年所发表的“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上有所报道(刘慎谔, 1934; 赵继鼎, 1982; 魏江春, 1981; 1986; 王先业, 1985)等。阿不都拉·阿巴斯从 1990 年开始系统地

研究了新疆地衣, 已完成三项国家自然科学基金项目, 但是研究主要在地衣种类分类、地理区系等领域上(阿不都拉·阿巴斯等, 1998; 2001; 2002; 艾尼瓦尔·吐米尔等, 2002; 努尔巴衣等, 2000; 2001), 对于天山西部山脉地衣群落方面的研究报道甚少(艾尼瓦

收稿日期: 2002-10-22 接受日期: 2003-02-25
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30160001)和新疆科委基金资助项目(97820)
* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: abdulla@mail.xj.cninfo.net
E-mail: anwar_tumur@hotmail.com.cn

尔·吐米尔,2002)。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方面的作用是不可低估的。因此我们对新疆北部西天山地区进行了野外研究,采集标本,同时初步研究了树皮生地衣群落结构的特征。现将结果报道如下。

1 自然环境条件以及研究方法

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。地理位置是 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 ℃, 1 月平均温度为 - 11.2 ℃, 7 月平均气温为 21.1 ℃, 无霜期为 142 ~ 150 d, 年降水量为 300 ~ 700 mm。研究区域的主要植物种类见表 1。

聚类分析时根据调查的资料各样地中的地衣物种按出现率作为分类单元(Operational Taxonomic Unit, OTU)建立矩阵, 然后进行聚类分析, 全部计算在微机上应用 PSBA 多元分析软件进行(阳含熙等, 1981)。测定群落最小面积采用 Bricaud 的方法, 定性最小群落面积用 Gounot 和 Calleja(1962)方法计算了 Sorensen(1948)定性相似性系数(S_p)。

$$S_p = \frac{2c}{a + b}$$
 a 为 A 样方中的分类群数; b 为 B 样方中的分类群数; c 为 A, B 样方中共有分类种群数。

测定定量最小面积时用 Coppejans 的方法计算了 Kulcinsky 平均相似性系数(Olivier & Claude, 2000; Coppejans, 1977)。

$$S = \frac{2 \sum_{i=1}^n R_c}{\sum_{i=1}^n R_a + R_b}$$

R_a 为物种 i 在样方 A 中的覆盖度; R_b 为物种 i 在样地 B 中的覆盖度; R_c 为物种 i 在样方 A 和 B 中的最小覆盖度。

2 结 果

2.1 聚类分析

系统聚类分析是将类由多变到少的一种方法, 分类的步骤是: 各样地自成一类, 计算各样地间的欧氏距离, 将最近的两个样地合并成一类, 计算新类与其余类的欧氏距离, 再将以距离最近的两类合并, 这时各类的个数仍大于 1, 则停止。这种聚类是从树到树干的聚合最后画出聚类图。聚类时采用组平均

表 1 21 个样点植物主要种类、海拔及郁闭度
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 ¹⁾ + 天山柳 ²⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 伊犁忍冬 ⁴⁾	0.80
2	800	密叶杨 ¹⁾ + 天山柳 ²⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 伊犁忍冬 ⁴⁾	0.80
3	800	密叶杨 ¹⁾ + 天山柳 ²⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 伊犁忍冬 ⁴⁾ + 伊犁蔷薇 ⁵⁾	0.85
4	900	粗毛锦鸡儿 ⁶⁾ + 中麻黄 ⁷⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 密叶杨 ¹⁾	0.81
5	900	粗毛锦鸡儿 ⁶⁾ + 中麻黄 ⁷⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 密叶杨 ¹⁾	0.75
6	1 100	圆柏 ⁸⁾ + 天山柳 ²⁾ + 腺果蔷薇 ⁹⁾ + 粗毛锦鸡儿 ⁶⁾	0.85
7	1 100	圆柏 ⁸⁾ + 天山柳 ²⁾ + 腺果蔷薇 ⁹⁾ + 西伯利亚松 ¹⁰⁾	0.65
8	1 250	雪岭云杉 ¹¹⁾ + 天山花楸 ¹²⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 多刺锦鸡儿 ¹³⁾	0.80
9	1 250	天山花楸 ¹²⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 腺果蔷薇 ⁹⁾ + 西伯利亚冷杉 ¹⁴⁾	0.80
10	1 350	雪岭云杉 ¹¹⁾ + 天山花楸 ¹²⁾ + 山杨 ¹⁵⁾ + 伊犁忍冬 ⁴⁾	0.87
11	1 350	山杨 ¹⁵⁾ + 天山柳 ²⁾ + 天山花楸 ¹²⁾ + 圆柏 ⁸⁾	0.70
12	1 500	天山桦木 ³⁾ + 天山花楸 ¹²⁾ + 山楂 ¹⁶⁾ + 小檗 ¹⁷⁾	0.84
13	1 500	天山花楸 ¹²⁾ + 伊犁忍冬 ⁴⁾ + 山楂 ¹⁶⁾ + 圆柏 ⁸⁾	0.82
14	1 500	天山桦木 ³⁾ + 天山花楸 ¹²⁾ + 山楂 ¹⁶⁾ + 小檗 ¹⁷⁾	0.80
15	1 700	密叶杨 ¹⁾ + 黑果小檗 ¹⁸⁾ + 兰叶柳 ¹⁹⁾	0.76
16	1 700	密叶杨 ¹⁾ + 绒毛杨 ²⁰⁾ + 黑果小檗 ¹⁸⁾ + 新疆锦鸡儿 ²¹⁾	0.81
17	1 600	天山桦木 ³⁾ + 雪岭云杉 ¹¹⁾ + 天山花楸 ¹²⁾	0.81
18	1 600	天山桦木 ³⁾ + 雪岭云杉 ¹¹⁾ + 山杨 ¹⁵⁾	0.86
19	1 650	密叶杨 ¹⁾ + 天山桦木 ³⁾ + 山楂 ¹⁶⁾	0.88
20	1 600	密叶杨 ¹⁾ + 绒毛杨 ²⁰⁾ + 黑果小檗 ¹⁸⁾ + 天山柳 ²⁾	0.71
21	1 750	密叶杨 ¹⁾ + 绒毛杨 ²⁰⁾ + 雪岭云杉 ¹¹⁾ + 山杨 ¹⁵⁾	0.86

1) *Populus talassica* 2) *Salix tianschanica* 3) *Betula tianschanica* 4) *Lonicera iliensis* 5) *Rosa silverhjelmsii* 6) *Caragana dasyphylla* 7) *Ephedra intermedia* 8) *Juniperus tianschanica* 9) *Rosa fedtschenkoana* 10) *Pinus sibirica* 11) *Picea schrenkiana* 12) *Sorbus tianschanica* 13) *Caragana spinosa* 14) *Abies sibirica* 15) *Populus davidiana* 16) *Crataegus pinnatifida* 17) *Berberis amurensis* 18) *Berberis heteropoda* 19) *Salix capusii* 20) *Populus pilosa* 21) *Caragana turkestanica*

法、最近邻体法、最远邻体法、中心法、形心法、增量法和可变量法等 8 种方法依次进行聚类。其中协表相关系数以组平均法得到最高,为 0.987 5。协表相关系数反映出样地间相似相关关系。其值越大表示

样地间差异越小,聚类结果越好。我们根据在天山西部森林生态系统 21 个样地实际调查资料进行聚类研究。聚类结果如图 1。

图 1 天山西部山脉森林生态系统地衣群落各样地间的聚类分析图
Fig.1 Cluster analysis on each investigation plot in forest ecosystem of western Tianshan Mts

2.2 天山西部山脉地衣群落类型及其特征

我们根据聚类分析结果并结合调查区样地的自然环境状况把分布在天山西部山脉的地衣分为以下 6 种群落:

1)土星猫耳衣(*Leptogium saturninum*) + 矮石蕊(*Cladonia humilis*) + 兰灰蜈蚣衣(*Physcia caesia*)群落: 该群落的地衣物种在天山西部地区地衣种类中占的比例较大,它们主要分布在西伯利亚松(*Pinus sibirica*)、雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)、西伯利亚冷杉(*Abies sibirica*)、西伯利亚落叶松(*Larix sibirica*)、山杨(*Populus davidiana*)等树种所组成的针叶林和针阔混交林的树皮和树枝上,这些森林所形成的小环境

对树皮与树枝生地衣提供合适的温度和湿度等良好的生长条件。树发属(*Alectoria*)对西伯利亚松有特殊的适应能力,因此在红松和落叶松上占绝对优势地位。云杉和冷杉所形成的阳性林环境对于松萝属(*Usnea*)是理想的环境条件之一。在该群落分布的地衣物种有:土星猫耳衣,细片石黄衣(*Xanthoria candelaria*)、硬袋衣(*Hypogymnia austeroles*)、粉石蕊(*Cladonia fimbriata*),矮石蕊(*C. humilis*)、枪石蕊(*Cladonia coniocraea*)、亚花松萝(*Usnea subfloridana*)、斑面蜈蚣衣(*Physcia aipolia*)、疑蜈蚣衣(*P. dubia*)、槽梅衣(*Parmelia sulcata*)、小疣巨孢衣(*Megaspora verrucosa*)等。

2)黑穗石蕊(*Cladonia amaurocraea*) + 角石蕊(*C. cornuta*) + 硫石蕊(*C. sulphurina*)群落:在天山西部地区分布的藓丛性地衣种类的数量多出现于不同海拔高度的岩石薄土、林地土壤和腐木上。由于藓丛发育的环境条件不同而把它们分为林地或林下藓丛和石面藓丛环境等。林下藓丛环境有酸性强、弱光、海拔较低、温度高、水分充足等特征,因此分布在该环境中的地衣种类具有耐强酸、高温、微量营养的特征,如绵毛鳞叶衣(*Pannaria conoplea*)。石面藓丛环境出现于林缘,林间空地,这种环境的土层薄、温度高、光度较强,因此限制地衣的分布。该群落的地衣种类有:叉状小孢衣(*Bryoria divergens*)、黑穗石蕊、红石蕊(*Cladonia coccifera*)、角石蕊、硫石蕊、石梅衣(*Parmelia saxatilis*)、刺伯岛衣(*Vulpicida juniperina*)、镶边肾盘衣(*Nephroma parile*)、叉藓颈衣(*Bryocaulon divergens*)等。

3)对开蜈蚣衣(*Physcia caesia*) + 斑面蜈蚣衣(*P. dimidiata*)群落:该环境中足够的水分、氧气,酸性也明显高于喜酸性地衣的生长地。另外在森林环境中光度较弱,空气相对湿度高,这为朽木生地衣提供了良好的生长条件。该地区地衣的多度和树木的腐烂程度有密切关系,腐烂程度越高对地衣提供的营养物质也越多。该群落的地衣物种有:硬袋衣、对开蜈蚣衣、斑面蜈蚣衣、粉石蕊、尖头石蕊(*Cladonia subulata*)、污白雪花衣(*Anaptychia ulothricoides*)、亚花松萝(*Usnea subfloridana*)、宽叶袋衣(*Hypogymnia physodes f. platyphlla*)、蜂窝肺衣(*Lobaria scrobiculata*)等。

4)雪地茶(*Thamnolia subuliformis*) + 白腹地卷(*Peltigera leucophlebia*)群落:地面生地衣出现在林间空地、林缘、草丛空间等环境。该地段多处于植物枝叶覆盖层较优越的森林和草原环境中,再加上地面有腐质土壤发育程度良好。在该地区分布的地面生地衣的营养体于土层中受到多树种和草本植物的遮荫,土壤含水量、空气、湿度、光照等条件影响下得到广泛发育。该群落的地衣物种有:大翅石蕊(*Cladonia macroptera*)、黑穗石蕊、雪地茶、雪岛衣(*Cetraria nivalis*)、冰岛衣东方亚种(*Cetraria islandica* var. *orientalis*)、东方鹿蕊(*Cladina grisea*)、软鹿蕊(*Cladina mitis*)、分枝石蕊(*Cladonia furcata*)、绿皮地卷(*Peltigera aphthosa*)、白腹地卷(*Peltigera leucophlebia*)等。

5)淡肤根石耳(*Umbilicaria virginis*) + 石梅衣地衣群落:天山西部地区分布的石面生地衣主要分布

在海拔 500 ~ 2 200 m 内的丘陵、山地、岩石等环境中。这些环境特征是石面裸露没有土壤,光照强,温度变化大,十分干燥。因此该环境中生长的地衣形态、生理、生长发育等特征也有所不同。该群落的地衣种类有:菊叶梅衣(*Xanthoparmelia somloensis*)、兰灰蜈蚣衣、石梅衣、拟哑铃孢(*Heteroderma pseudospeciosa*)、小褐鳞叶衣(*Fuscopannaria leucophaea*)、淡肤根石耳、丽石黄衣(*Xanthoria elegans*)、茸褐梅(*Melanelia glabra*)等。

6)腊肠梅衣(*Allantoparmelia almqvistii*) + 白边岛衣(*Cetraria laevigata*)群落:草地生地衣指生长在亚高山草甸带上的种类,它们在地面与草甸植物混生并形成连片的植物覆盖层。生境有空气寒冷、干燥、降水量较高、土层薄等特征。因此地衣种类较少,但耐旱、耐寒的地衣种类仍然得到良好的发育。该群落的地衣物种有:腊肠梅衣、拟小杯石蕊(*Cladonia subconistea*)、白边岛衣、皮刺角衣(*Coelocaulon aculeatum*)等。

2.3 树皮生地衣群落的物种组成

本次调查中我们发现树皮上附生植被的覆盖度比较低(32.54%),其中地衣较占优势(30.13%)(表 2,图 2)。

表 2 天山西部树皮生植被物种组成
Table 2 Species composition of the western Tianshan corticolous vegetation

物种 Species	平均覆盖度(%) Average coverage
地衣 Lichens	
同色黄周烛衣 <i>Candelaria concolor</i>	2.02
茎口果粉衣 <i>Chaenotheca stemones</i>	1.35
斜漏斗石蕊 <i>Cladonia cenotea</i>	5.32
喇叭粉石蕊 <i>Cladonia chlorophaea</i>	0.13
藓生双缘衣 <i>Diploschistes muscorum</i>	11.23
小茶渍 <i>Lecanora hageni</i>	0.02
柳茶渍 <i>Lecanora saligna</i>	0.73
脱落网衣 <i>Lecidea elabens</i>	0.25
甘肃网衣 <i>Lecidea kansuensis</i>	1.01
土星猫耳衣 <i>Leptogium saturninum</i>	0.01
小疣巨孢衣 <i>Megaspora verrucosa</i>	2.02
茸刺褐梅 <i>Melanelia subargenifera</i>	0.07
黑亚网衣 <i>Micarea melaena</i>	1.05
槽梅衣 <i>Parmelia sulcata</i>	0.15
栎缘毛梅衣 <i>Parmelina quercina</i>	1.75
粉缘黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia limbata</i>	0.25
美丽黑蜈蚣衣 <i>Phaeophyscia rubropulchra</i>	0.13
黑盘灰衣 <i>Tephromela atra</i>	0.24
苔藓 Bryophyta	2.41
总调查面积 Total area studied (cm ²)	430
总调查树皮数量 Total number of tree bark studied	235
树皮裸露度 Bare substratum	67.46
总调查样方 Total number of taxa	32

图2 天山西部山脉树皮上附生植被的覆盖度
Fig.2 Biological spectrum of the western Tianshan Mts. corticolous vegetation
1. 裸露度 Bare substratum 2. 地衣覆盖度 Coverage of lichen 3. 苔藓覆盖度 Coverage of bryophytes

2.4 物种-面积曲线

最小面积的确定,通常采用逐步扩大样地面积的方法,用附生树木的种数与样地面积的关系,绘制种数与面积关系曲线。本次调查发现,该地区树皮生地衣种类在样方面积达到 72 cm² 时不再出现新的地衣种类,种数达到平衡点(图 3)。

图3 物种-面积曲线
Fig.3 The curve of the relationship between species number and their occupied area

2.5 定性最小面积和定量最小面积

测定树皮生地衣群落定性最小面积和定量最小

面积时我们用 Sorensen 和 Kulcinsky 平均相似性系数,结果见表 3 和图 4。

图4 面积-平均系数曲线
Fig.4 Area-mean similarity coefficients

从表 3 中可以看到定性群落最小面积 Sorensen 系数平均值,面积在 1.02 cm² 和 9.52 cm² 之间增长得比较快(0.32 ~ 0.71),面积达到 11.2 cm² 时下降(0.65),然后面积在 25 ~ 50 cm² 之间保持稳定。定量群落最小面积 Kulcinsky 系数平均值的增长比 Sorensen 系数平均值缓慢,最终面积在 51 ~ 72 cm² 之间保持稳定。

3 讨 论

- 1)在天山西部地区地衣的生长基物有树皮、藓丛、藓土、朽木、石面、土层、地面、草地、石浮土等。
- 2)该地区地衣的分布主要受到湿度、温度、光照、海拔、土壤水分、土壤 pH 值等多种生态因子的限制。同时受到基物环境制约,对基物表现出专一性。

表 3 树皮生地衣 Sorensen 和 Kulcinsky 平均相似性系数
Table 3 Average value of the similarity coefficients according to the occupied area and corticolous lichens

样方数量 Number of plot coefficient	样方面积(cm ²) Area of each plot	Sorensen	Kulcinsky	Sorensen	Kulcinsky
		系数平均值	系数平均值	系数极端值	系数极端值
		Sorensen	Kulcinsky	Sorensen	Kulcinsky
		mean value	coefficient	coefficient	coefficient
		mean value	extreme values	extreme values	
4	1.02	0.32	0.50	0 ~ 1	0.41 ~ 0.75
3	2.18	0.51	0.51	0.4 ~ 0.65	0.39 ~ 0.85
3	9.52	0.71	0.63	0.46 ~ 0.86	0.61 ~ 0.84
2	11.2	0.65	0.57	0.57 ~ 0.82	0.47 ~ 0.74
4	33.26	0.71	0.65	0.65 ~ 0.86	0.59 ~ 0.80
4	40.13	0.74	0.73	0.72 ~ 0.82	0.66 ~ 0.82
5	51.35	0.73	0.81	0.63 ~ 0.82	0.70 ~ 0.85
4	62.02	0.75	0.82	0.63 ~ 0.81	0.70 ~ 0.91
2	72.17	0.76	0.81	0.59 ~ 0.65	0.56 ~ 0.87
2	81.24	0.78	0.82	0.57 ~ 0.81	0.84 ~ 0.98
2	112.2	0.76	0.84	0.62 ~ 0.77	0.54 ~ 0.85

3)多元分析中的系统聚类法已广泛应用于植物群落的分类研究中。数值分类方法和电子计算机的应用,为群落分类提供了便利条件,减少了研究中的主观偏见,增强了研究的客观性。本研究中我们采用聚类分析法把分布在天山西部山脉森林生态系统的地衣分为6种群落。

4)在天山西部山脉分布的地衣物种中有经济价值、药物价值的种类。这些种类表现出植物演替的不同系列阶段的特征,指示环境污染的程度,它们具有很大的开发利用价值,因此,建议有关部门在以后的管理中加强该地区植被的管理和保护。

5)本次研究中我们得到天山西部树皮生地衣群落的定性最小群落面积为 $25 \sim 50 \text{ cm}^2$,定量最小群落面积为 $51 \sim 72 \text{ cm}^2$ 。树皮生植被中地衣的覆盖度占优势(30.13%),苔藓占(2.41%)。本研究中我们发现天山西部地区树皮生地衣群落最小面积与地衣物种数量的多少有直接关系,同时进一步证实了植物群落研究中的整体取样方法适合于地衣群落的最小面积研究。

参 考 文 献

- Abbas, A. (阿不都拉·阿巴斯) & J. N. Wu (吴继农). 1998. Lichens of Xinjiang. Urumqi: Science Technology & Hygiene Publishing House of Xinjiang. (in Chinese)
- Abbas, A., A. Tumor & H. Mijit. 2002. Contribution to the knowledge of lichens from Xinjiang, China, including a preliminary checklist. CHENIA, 7:173 ~ 186.
- Abbas, A., H. Mijit & A. Tumor. 2001. A checklist of lichens of Xinjiang, China. Harvard Paper in Botany, 5:359 ~ 370.
- Tumor, A. (艾尼瓦尔·吐米尔) & A. Abbas (阿不都拉·阿巴斯). 2002. 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), 11:41 ~ 45. (in Chinese with English abstract)
- Tumor, A. (艾尼瓦尔·吐米尔) & A. Abbas (阿不都拉·阿巴斯). 2002. 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)
- Coppejans, E. 1977. Résultat d'une étude d'homogénéité de peuplements algaux photophiles sur substrat rocheux à Port - Cros et à Banyuls. Rapport de la Commission Internationale sur la mer Méditerranée, 24:143 ~ 144.
- Gounot, M. & M. Calleja. 1962. Coefficient de communauté, homogénéité et aire minimal. Bulletin du Service de la Carte Phytogéographique, 7:181 ~ 200.
- Liu, S. E. (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), 2:423 ~ 451. (in Chinese)
- Nurbay (努尔巴衣), A. Abbas. (阿不都拉·阿巴斯) & A. Tumor (艾尼瓦尔·吐米尔). 2001. The elementary characters of lichen flora in Hanas natural conservation. Arid Zone Research (干旱区研究), 18:52 ~ 65. (in Chinese with English abstract)
- Nurbay (努尔巴衣) & A. Abbas. (阿不都拉·阿巴斯). 2000. Study lichen eco-geographical distribution in Hanas natural conservation. Arid Zone Geography (干旱区地理), 17:72 ~ 75. (in Chinese with English abstract)
- Olivier, B. & R. Claude. 2000. The minimal area of a foliicolous lichen community of *Woessia vaskii*. Lichenologist, 32:487 ~ 494.
- Sorenson, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content. Biology Science, 5:1 ~ 34.
- Wang, X. Y. (王先业). 1985. Lichens from Tumor Peak of the Tianshan Mt. Urumqi: Xinjiang People's Publishing House. 328 ~ 353. (in Chinese)
- Wei, J. C. (魏江春). 1986. Lichens of Tibet. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- Wei, J. C. (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)
- Yang, H. X. (阳含熙) & Z. Y. Lu. (卢泽愚). 1981. Method of the plant ecology and numerical taxonomy. Beijing: Science Press. (in Chinese)
- Zhao, J. D. (赵继鼎). 1982. The lichens of China. 1. Beijing: Science Press. (in Chinese)

责任编辑:董 鸣 责任编辑:张丽赫