

北极巴罗地区 2 种灌木植物及其花粉形态

唐领余^{1,2}, 张小平^{1,3}, 邵剑文³, 周忠泽⁴, 张青松⁵

- (1. 中国科学院现代古生物学和地层学国家重点开放实验室, 江苏 南京 210008;
2. 中国科学院寒区旱区与工程研究所冰芯与寒区环境开放实验室, 甘肃 兰州 730000; 3. 安徽师范大学生命科学学院, 安徽 芜湖 241000;
4. 安徽大学生命科学学院, 安徽 合肥 230039; 5. 中国科学院地理及资源研究所, 北京 100101)

摘要: 观察了北极巴罗 (Barrow) 地区 2 种灌木植物, 全缘叶仙女木 (*Dryas integrifolia* M. Vahl) 和圆叶柳 (*Salix rotundifolia* Trautv.) 的形态、生境以及它们的花粉形态。这 2 种植物形态矮小或匍匐蔓生; 全缘叶仙女木叶短小似披针状或扁平, 全缘; 圆叶柳叶圆形, 叶脉显著, 根、茎、叶均含丰富 Vc。它们的花粉形态为球形、近球形或长球形, 其萌发孔均为三孔沟或拟三孔沟, 花粉均为辐射对称。全缘叶仙女木花粉外壁纹饰在光学显微镜下 (LM) 为细网状纹饰, 在扫描电子显微镜 (SEM) 下为条纹状纹饰; 圆叶柳在 LM 和 SEM 下均为细网状纹饰。通过与中国产和日本产相似种的比较研究, 显示它们应是温带亚洲高山起源及部分起源于北极本部。

关键词: 全缘叶仙女木; 圆叶柳; 花粉形态; 北极巴罗

中图分类号: Q944.1; Q944.42 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2005)02-0023-06

A study on the two shrubs of tundra and their pollen morphology from Barrow, Arctic TANG Ling-yu^{1,2}, ZHANG Xiao-ping^{1,3}, SHAO Jian-wen³, ZHOU Zhong-ze⁴, ZHANG Qing-song⁵ (1. State Key Laboratory of Paleontology and Stratigraphy, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. The Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, the Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China; 3. College of Life Science, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China; 4. College of Life Science, Anhui University, Hefei 230039, China; 5. Institute of Geographic and Natural Resources Research, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2005, 14(2): 23-28

Abstract: The studies of plant morphological features, pollens and habitats have been made for two shrub species from Barrow, Arctic. They are *Dryas integrifolia* M. Vahl and *Salix rotundifolia* Trautv. The former with small lanceolate or plate leaf, while the latter has the rounded leaves of distinct veins, riched in Vc. Both of them have dwarf and sprawling habits. The pollen studies showed that their pollen grains are spheroidal to subspheroidal or prolate. The type of apertures are tricolporate. Ornamentation finely reticulate in light microscope (LM), striate-reticulate in scanning electron microscope (SEM) in *D. integrifolia*; finely reticulate both in LM and in SEM in *S. rotundifolia*. On the basis of comparison of the pollens in same species from Arctic collections with those from China and Japan's, it showed that the two species probably originated from subalpine zone in temperate Asia or partly from Arctic. Investigation on pollen morphology of tundra can provide significant data for comparative study of fossil pollens and reconstruction of paleovegetation and paleoclimate in the Barrow Area.

Key words: *Dryas integrifolia* M. Vahl; *Salix rotundifolia* Trautv.; pollen morphology; Barrow, Arctic

北极是指 7 月份 10℃ 等温线以北、森林线以北以及永久冻土带南界以北的地区。北极区可分为冻原带和位于冻原带以北的极地寒漠。巴罗位于阿拉斯加最北端的滨海冻原地区 (71°20' N, 156°40' W)。北极气候严寒, 但年平均气温的范围很宽, 从俄罗斯的摩尔曼斯克的 0℃, 通过研究区 Point Barrow 是 -12.40℃, 到格陵兰冰盖的顶部为 -28℃。北极大部地区是十分干旱的, Point Barrow 的降水

量是 104 mm。北极冻原区的气候寒冷, 巴罗地区植物生长期不超过 1.5~2 个月^[1]。巴罗地区滨临北

收稿日期: 2004-08-30

基金项目: 中国科学院现代古生物学和地层学国家重点开放实验室 (033113) 基金, 中国科学院寒区旱区与工程研究所冰芯与寒区环境开放实验室 (BX2001-01) 基金和国家自然科学基金 (49971078) 资助项目

作者简介: 唐领余 (1938-), 男, 江苏建湖人, 学士, 研究员, 博士生导师, 主要从事第四纪孢粉、古植被和古气候研究。

冰洋的楚科奇海和波弗特海,泻湖沼泽发育,地面生长着以棉花草(*Eriophorum scheucheri* Hoppe)等为特征的冻原植被。根据 Michele M. Johnson 博士 1995-1998 年的调查,巴罗地区现有冻原植物 19 科 59 种,其中小灌木 8 属 9 种:全缘叶仙女木(*Dryas integrifolia* M. Vahl)、圆叶柳(*Salix rotundifolia* Trautv.)、高山黄芪(*Astragalus alpinus* L.)、伞状黄芪(*A. umbellatus* Bunge)、北方棘豆(*Oxytropis borealis* DC.)、四棱岩须[*Cassiope tetragona* (L.) D. Don]、越桔(*Vaccinium vitis-idaea* L.)、红熊果[*Arctostaphylos rubra* (Rehd. et Wils.) Fern]和岩高兰(*Empetrum nigrum* L.)。其中蔷薇科(Rosaceae)仙女木属(*Dryas* L.)的全缘叶仙女木和杨柳科(Salicaceae)柳属(*Salix* L.)的圆叶柳 2 种是北极植物区系的北极特征种,它们的花粉形态以及与其相似种的花粉形态对比研究,可为了解巴罗地区 2000 年以来气候变化提供依据。

1 材料和方法

1.1 材料

全缘叶仙女木,凭证标本号 98-33-1,花粉编号 33-1-1-23,33-1-1-25;圆叶柳,凭证标本号 98-24,花粉编号 24-2-4。由张青松和唐领余在阿拉斯加北坡自治区(North Slope Borough, Alaska, U.S.)野外考察期间采集^[2],Michele M J 博士和张小平教授鉴定。所有植物标本和花粉玻片等原始材料均保存于中国科学院南京地质古生物研究所。

1.2 方法

现代花粉分析处理在安徽大学和中国科学院南京地质古生物研究所孢粉实验室进行。将植物花苞用冰醋酸浸泡后用醋酸酐和硫酸混合液(V:V=9:1)在水浴锅中加热,去除花粉内原生质,清洗制片,置显微镜下观察^[3]。花粉的观察描述和照相,分别在光学显微镜(LM)和扫描电子显微镜(SEM)下同时进行,花粉粒大小为平均值,P/E为花粉极轴与赤道轴之比。

2 观察结果

2.1 全缘叶仙女木(图版 I: 1~7)

小灌木,表面粗糙;叶短小似披针状或扁平,全

缘或仅基部具齿状,多皱,暗绿色,大多数具光泽(或白-灰白色),基部被密集的白色绒毛,叶缘明显外卷;单生花较大,具黑色蜜腺;萼片窄尖;花瓣奶油色,夏末脱落;花柱细长,羽毛状;种子看上去像蜘蛛网,呈白色羽毛状^[4](图 1)。

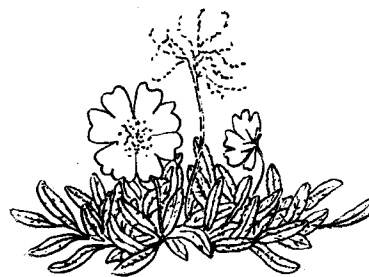


图 1 全缘叶仙女木
Fig. 1 *Dryas integrifolia* M. Vahl

花粉形态:花粉粒球形至近球形,极面观为三裂圆形,直径 25.0~31.1 μm ,平均 26.3 μm ;花粉粒具三孔沟,沟细长,达两极,两端尖。外壁厚度均匀,外壁厚 2.0 μm ,外壁外层比内层略厚。外壁纹饰在 LM 下为细网状,在 SEM 下为条纹网状纹饰^[5,6](图版 I: 5~7)。

生态和分布:在巴罗地区沿地面蔓生于冻原和流石土山地的积雪地上,常与森林仙女木(*D. octopetala* L. var. *syvatay*)和仙女木(*D. octopetala* L.)混生成群,可覆盖很大一块地面。分布于美国阿拉斯加及加拿大西部,生长于海拔 1 300 m 以上山地。

比较:分布于加拿大的全缘叶仙女木的花粉形态与分布于巴罗的基本相似。其花粉形态为:花粉粒长球形,大小为(25.0~33.5)29.0 μm × (16.8~23.5)19.3 μm ,P/E 为 1.40~1.50。赤道面观为椭圆形,极面观为钝三角形或三裂圆形。三孔沟,外沟长,达两极,两端渐尖,沟深,沟膜下陷,但不明显;内孔圆形,外壁厚度均匀,约 2.5 μm ,外层与内层近等厚;外壁纹饰在 LM 下为模糊颗粒状纹饰,在 SEM 下为条纹状纹饰,呈束状纵向分布,交错排列,条纹与条纹之间有短横纹相连,构成孔穴(图版 I: 1~4)。

全缘叶仙女木及其相似类群仙女木、东亚仙女木(*D. octopetala* L. var. *asiatica* Nakai)常混生,分布于欧洲、亚洲和北美洲。

分布于阿拉斯加的 Brooks 山脉以及 Alaska 山

脉地区的仙女木, 叶片比较宽大, 主脉明显, 叶缘具深锯齿, 缺少苞片, 可与全缘叶仙女木区分。中国东北长白山和新疆天山分布有东亚仙女木, 该变种叶阔椭圆形至椭圆形, 长2~3 cm, 顶端钝, 有深圆锯齿, 侧脉7~10, 茎部圆形, 中侧脉在下面隆起, 有黄褐色分枝长柔毛, 花直径2 cm, 瘦果矩圆卵形, 先端具宿存花柱等特征, 与全缘叶仙女木有区别^[7,8]。新疆(产于天山, 海拔2 800 m)的东亚仙女木花粉形态基本与全缘叶仙女木相似, 仅沟两端钝, 沟深, 沟膜下陷不明显; 外壁较厚(2.5 μm), 内外壁等厚, 外壁纹饰在LM下为模糊颗粒状纹饰与之稍有所区别。长白山的仙女木花粉粒较大, 28.0(22.5~35.5) μm , 外壁表面条纹较短, 粗细不一, 大多数为中间大, 两端尖细, 交错排列^[9,10](图版I: 8)。东亚仙女木在日本长野县白马岳有分布, 其花粉粒小而圆(21.6~28.8) μm , 外壁较薄(1.8 μm), 外层比内层厚^[11](图版I: 9~11)。

在俄罗斯的北极地区分布有点状仙女木(*D. punctata* Juz.), 花粉粒为三孔沟, 孔明显突出, 孔膜明显, 内孔圆形, 沟较宽, 两端渐尖(图版I: 12)。

2.2 圆叶柳(图版I: 13, 14, 17)

矮小灌木, 呈稀疏垫伏, 嫩枝有短柔毛; 叶小, 革质圆形或卵圆形, 光亮, 叶尖钝或基部呈心脏形, 叶全缘或近全缘, 侧脉在叶边缘和细脉凸起; 柔荑花序很短, 开花少, 苞片倒卵形, 淡黄-褐色, 光洁无毛或具少量毛; 蒴果光洁无毛, 为花柱三分之一长。本种以光亮圆形叶片易与其他种区别^[4](图2)。

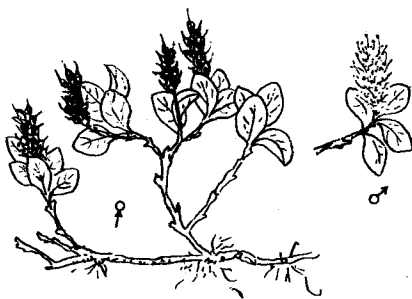


图2 圆叶柳
Fig. 2 *Salix rotundifolia* Trautv.

花粉形态: 花粉粒长球形, P/E 为 1.25(1.15~1.77)。大小为 31.3(29.0~33.3) μm × 25.0(12.5~28.8) μm 。赤道面观椭圆形, 极面观圆三角形, 轮廓线为细波浪形。具三拟孔沟, 沟长达两极, 两端尖, 不具沟膜。外壁厚 2.5 μm , 外壁间宽

3.8 μm , 外壁外层厚于内层或近等厚。外壁纹饰在LM和SEM下均为细网状^[5,6](图版I: 13, 14, 17)。

生态和分布: 生长于巴罗地区冻原较干燥的地方或沼泽草甸周围, 贴近地面生长缓慢; 在北极苔藓冻原、山地和岩石山地 2 000 m 以上地带生长, 常与无叶脉柳(*S. phlebaphylla* Anderss)和卵形叶柳(*S. ovifolia* Trautv.)混生。嫩叶含丰富Vc, 可生食或拌海豹油食用; 新枝同样含丰富Vc, 地下茎和枝条均可采集食用。分布于阿拉斯加北部和南部以及白令海峡的众多岛屿。

比较: 在阿拉斯加地区柳属有9种: 网状叶柳(*S. reticulata* L.)、极地柳(*S. polars* Wahlenb)、无叶脉柳、棕色柳(*S. fuscescens* Anderss.)、圆叶柳、卵形叶柳、北极柳(*S. arctoliloralis* Hult)、灰蓝柳(*S. glauca* L.)和美丽柳(*S. pulchra* Char), 它们的区别在于有的匍匐蔓生, 有的直立较高; 有的叶圆形, 全绿, 有的叶椭圆-倒卵形-披针形, 具小锯齿; 有的花序较短, 倒卵形-长球形; 有的短粗直立; 有的苞片淡黄-褐色, 有的浅绿色-略呈紫色; 有的蒴果无毛, 较长; 有的花柱短, 具柔毛^[4]。

巴罗地区上述柳属种类中仅有圆叶柳在中国长白山地区海拔 1 900~2 500 m 高山冻原有少量生长。在中国和日本北方或高山上生长的柳属植物, 种类较多, 但其花粉形态均与属的特征相似。该属和巴罗产的圆叶柳, 仅在大小上有区别。该属花粉长球形, 极面多为3裂圆形, 具3拟孔沟, 沟长, 表面具网状雕纹^[11,12](图版I: 15, 16)

3 讨论和结论

通过上述的观察和比较, 可以看出北极地区生长的小灌木与非北极生长的同种或相似种, 个体相差较大, 不论是仙女木属还是柳属, 产于北极的种类植物体较小, 而花粉粒相对较大。北极分布的仙女木属种类花粉赤道轴相对较长, 因而P/E值较大, 三孔沟清楚, 沟两端尖, 外壁不规则条纹明显; 中国产仙女木属花粉种类具三孔沟, 孔往往不明显, 沟两端较钝, 外壁模糊颗粒状纹饰, 条纹不清晰。北极的柳属种类, 叶圆形、椭圆形至倒卵形为主, 花粉三拟孔沟, 可见拟孔, 与中国和日本产的柳属相近种的叶披针形、花粉拟孔不清楚、大多为三沟, 有所区别。

仙女木属和柳属化石花粉在巴罗全新世湖相沉

积中均有发现^[13-17]。以巴罗 98-4B 孔为例,仙女木属出现的时间从 9 世纪开始直到 20 世纪均有陆续出现,其中以 9 世纪到 13 世纪这一时段出现较多。在 13 世纪形成高峰,占孢粉组合中木本植物花粉的 13%,到 14 世纪初已降至最低值。从 15 世纪开始逐渐少量出现,到 19 世纪又达到高峰,约占木本植物花粉的 8%,以后又降低到最低值,直到 20 世纪末才有少量出现。

柳属化石花粉在巴罗 98-4B 孔中出现晚于仙女木属,约从 14 世纪初开始才出现,直到现在,高峰值(6%)出现在 16 世纪中叶和 20 世纪中叶。

从巴罗 98-4B 钻孔可以看出,在巴罗地区全新世沉积地层中仙女木属要比柳属早出现 5 个世纪,且出现的时段主要是在全球历史时期的较寒冷时期。而柳属出现比仙女木属晚,且主要出现时间段是在相对温暖的时期^[13,14]。

据研究,北极植物区系早在第三纪末就从北极本部的第三纪的高山成分以及西伯利亚山岳植物中形成,后来经过冰期活动又继续丰富了北极植物区系。一般都认为北极植物区系从斯堪的纳维亚半岛出发而达到阿尔卑斯山脉。分析阿尔卑斯山脉植物种数量与亚洲温带山上种的比例,Christ认为北极-高山种的基本种群是从温带的亚洲高山起源的。但 Englerl 认为在中新世时山坡下带和山顶的植被在现在北极带的范围内,当冰川来临时,这些山岳成分全部下降,其中一部分可以保存下来,至少这一部分北极植物区系是起源于北极本部。因此,从地质学理论看,大陆向极地方向移动,北极植物区系的形成应该开始于亚洲东北部,从太梅尔向东到阿拉斯加——沿着现在的白令海峡的两边分布^[18]。

在阿尔卑斯山亚高山带的泥炭和泥炭沼泽的粘土沉积中发现有仙女木及网状叶柳等植物,它们是最近一次冰期中生长在冰川边缘的植物区系残余,属于阿尔卑斯植物区系的北极共有成分,它们既生长于北极,也生长在阿尔泰山和其他西伯利亚山脉中,还有矮桦(*Betula nana* L.)、山蓼(*Oxyria digyna* (L.) Hill)、矮茉莉点地梅(*Androsace chamaejasme* Host)和挪威虎耳草(*Saxifraga oppositifolia* L.)等,组成了所谓的“Dryas 植物区系”,该区系在北欧植被演替历史上起着重要作用。早在 1842 年,Steenstrup 在丹麦泥炭沉积中发现过北极植物化石以后,Nathorst 和 Anderson 先后发现更多的地点,被

定为“Dryas 植物区系时期”^[18],它是北欧冰期后植物区系历史的最初阶段(以后逐渐演替为桦木期-松树期-栎树期-山毛榉和云杉期),相当于阿尔卑斯山脉的玉木冰期。在欧洲第四纪研究中,最早使用“仙女木事件”或“仙女木期”这个名词,这代表在进入全新世之前(约 1.3~10 ka BP)有 3 次气候恶化事件即最早仙女木期、早仙女木期和晚仙女木期(Oldest Dryas, Older Dryas 和 Younger Dryas)。应该指出,这 3 次仙女木期,不是因为出现仙女木属花粉及其植物化石而得名,而是指在距今 13 000 多年前,植被演替曾出现突然变化而指示气候明显变凉的阶段。这些阶段的花粉组合在不同地区是不一样的,如在瑞典最早仙女木期的花粉组合是以禾本科(Poaceae)和蒿属(*Artemisia*)占优势;早仙女木期(约 12 ka BP)主要是刺柏(*Juniperus formosana* Hayate)和桦木属(*Betula* L.)花粉为主;晚仙女木期(约 11~10 ka BP)花粉以松属(*Pinus* L.)为主,同时蒿属和刺柏出现较频繁。从晚仙女木期进入到全新世这个过渡时期,花粉组合特征是所有非木本植物花粉(包括蒿属)减少,而桦增加^[19]。

中国青海湖全新世钻孔孢粉研究发现,13.4~13 ka BP 木本花粉的浓度有比较明显降低,早期出现的乔木植物松属和云杉(*Picea asperata* Mast)、冷杉(*Abies fabri* (Mast.) Craib)有所退缩,代表 1 次冷干事件,相当于欧洲的最早仙女木期,以后又出现 2 次冷期分别在 12~11.6 和 11~10.4 ka BP 之间,分别相当于欧洲的早仙女木期和晚仙女木期^[20]。

致谢: 本项研究是在中国科学院协调局和国际合作局、美国阿拉斯加北坡自治区政府大力支持下进行的。在巴罗考察期间,Albort T, Borower C, Brower H, Dave R, Benny, Crag H 和 Perry 给予诸多帮助,同时与 David N, Wilingham F, Michele J 以及 Crag J 等进行了有益的讨论,谨此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] Steven B Y. To the Arctic and Introduction to the Far Northern World[M]. New York: Wiley Popular Science, 1990. 183-319.
- [2] 唐领余, 张青松. 我国首次在北极地区进行第四纪孢粉研究[J]. 世界科技研究与发展, 2001, 23(2): 45-47.
- [3] Erdtman G. Pollen Morphology and Plants Taxonomy. Angiosperms[M]. Stockholm: Almquist & Wiksells, 1952. 3-10.
- [4] Eric H. Flora of Alaska and Neighboring Territories [M]. Stanford: Stanford University Press, 1968. 336-949.

- [5] Zhang X P, Tang L Y, Zhou Z Z, *et al.* A study on pollen morphology of tundra plants from Barrow, Arctic [J]. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2004, 21(1): 44-53.
- [6] 唐领余, 周忠泽, 张小平, 等. 北极 Barrow 地区几种冻原植物的花粉形态[J]. *极地研究*, 2003, 15(1): 45-52.
- [7] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第三十七卷 [M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [8] 胡先骕. 经济植物手册 上册(第二分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1955.
- [9] 周丽华, 韦仲新, 吴征镒. 国产蔷薇科亚科的花粉形态[J]. *云南植物研究*, 1999, 21(4): 455-460.
- [10] 韦仲新. 种子植物花粉电镜图志[M]. 昆明: 云南科学出版社, 2003.
- [11] Nakamura Jun. Diagnostic characters of pollen grains of Japan. Part I-II [J]. *Special publications from the Osaka Museum of Natural History*, 1980, 13: 15-16, 32.
- [12] 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙, 等. 中国植物花粉形态(第二版) [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [13] 唐领余, 彭金兰, 安成邦, 等. 北极巴罗地区小冰期以来的冷暖事件[J]. *科学技术与工程*, 2002, 2(6): 18-21.
- [14] 唐领余, 张青松, 童国榜, 等. 北极巴罗地区13世纪以来花粉记录的气候变迁及其与青藏高原的比较[J]. *冰川冻土*, 2003, 25(3): 261-267.
- [15] 李春海, 唐领余, 童国榜, 等. 北极巴罗地区300年以来的孢粉记录及其气候变化[J]. *微体古生物学报*, 2004, 21(1): 53-57.
- [16] Ager T A, Brubaker L. Quaternary palynology and vegetational history of Alaska [A]. Bruant V M Jr, Holloway R G. *Pollen Records of Late-Quaternary North American Sediments* [M]. Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1985. 353-384.
- [17] Anderson P M, Barflein P J, Brubaker L B, *et al.* Vegetation-pollen-climate relationships for the Arctic-boreal region of North America and Greenland [J]. *Journal of Biogeography*, 1991, 18: 565-582.
- [18] 吴鲁夫. 历史植物地理学 [M]. 仲崇信, 等译. 北京: 科学出版社, 1964.
- [19] Brigitta A, Briks H J B, Ruth D S, *et al.* Patterns of variation in late-glacial pollen stratigraphy along a Northwest-Southeast transect. through Switzerland—a numerical analysis [J]. *Quaternary Science Reviews*, 1993, 12: 277-286.
- [20] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖16ka以来的花粉记录及其古气候古环境演化[J]. *科学通报*, 2002, 47(17): 1351-1355.

图版说明 Explanation of Plate

图版 I 1~7. 全缘叶仙女木: 1,5. 光学显微镜下花粉的赤道面($\times 1\ 000$); 2,6. 光学显微镜下花粉的极面($\times 1\ 000$); 4. 扫描电镜下花粉的极面; 3,7. 扫描电镜下花粉的赤道面。 8. 扫描电镜下仙女木花粉的赤道面。 9~11. 东亚仙女木: 9,11. 光学显微镜下花粉的极面($\times 1\ 000$); 10. 光学显微镜下花粉的赤道面($\times 1\ 000$)。 12. 光学显微镜下点状仙女木花粉的赤道面($\times 1\ 000$)。 13,14. 圆叶柳: 13. 光学显微镜下花粉的赤道面($\times 1\ 000$); 14. 光学显微镜下花粉的极面($\times 1\ 000$)。 15,16. 秋华柳: 15. 光学显微镜下花粉的极面($\times 1\ 000$); 16. 光学显微镜下花粉的赤道面($\times 1\ 000$)。 17. 扫描电镜下圆叶柳花粉的赤道面。

Plate I 1-7. *Dryas integrifolia* M. Vahl pollen; 1,5. Equatorial view under LM ($\times 1\ 000$); 2,6. Polar view under LM ($\times 1\ 000$); 4. Polar view under SEM; 3,7. Equatorial view under SEM. 8. *D. octopetala* L. pollen, Equatorial view under SEM. 9-11. *D. octopetala* L. var. *asiatica* Nakai pollen; 9,11. Polar view under LM ($\times 1\ 000$); 10. Equatorial view under LM ($\times 1\ 000$). 12. *D. punctata* Juz. pollen, Equatorial view under LM ($\times 1\ 000$). 13,14. *Salix rotundifolia* Trantv. pollen; 13. Equatorial view under LM ($\times 1\ 000$); 14. Polar view under LM ($\times 1\ 000$). 15,16. *S. variegata* Franch. pollen; 15. Polar view under LM ($\times 1\ 000$); 16. Equatorial view under LM ($\times 1\ 000$). 17. *S. rotundifolia* pollen, Equatorial view under SEM.

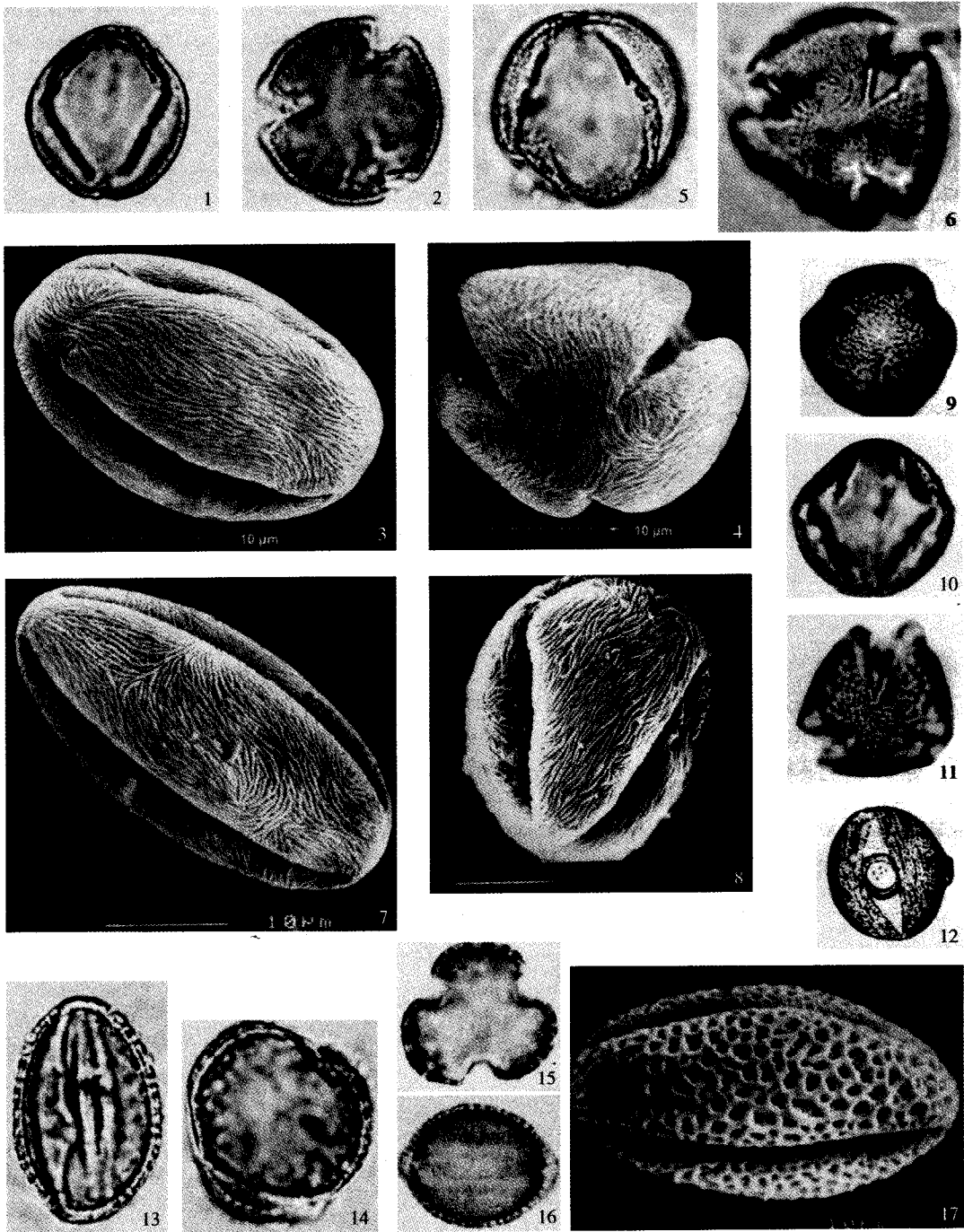
(责任编辑: 张垂胜)

唐领余,等:北极巴罗地区2种灌木植物及其花粉形态

TANG Ling-yu, *et al*: A study on the two shrubs of tundra and their pollen morphology from Barrow, Arctic

图版 I

Plate I



See the explanation of the end of text