

中国木蓼属植物叶表皮微形态特征及其分类学意义

张健^{1,2}, 闻志彬², 张明理^{2,3,①}

(1. 石河子大学生命科学学院, 新疆 石河子 832003;

2. 中国科学院新疆生态与地理研究所 干旱区生物地理与生物资源重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011;

3. 中国科学院植物研究所, 北京 100093)

摘要: 利用扫描电子显微镜(SEM)对国产蓼科(Polygonaceae)木蓼属(*Atraphaxis* Linn.) 11个种类的叶表皮微形态特征进行了观察和比较,探讨其分类学意义,并据此编制了供试11个种类的分类检索表。观察结果表明:供试的11个木蓼属种类的叶表皮微形态特征(包括表皮细胞形状、垂周壁式样、叶表皮表面纹饰、角质膜、气孔器类型、气孔外拱盖内缘类型及其纹饰)均表现出较高的多样性。叶表皮细胞形状分为不规则形和多边形2类,垂周壁式样分为弓形和平直2类,多数种类具有不规则的表皮细胞以及弓形垂周壁;叶表皮表面纹饰分为乳头状突起、薄壁区、具条纹和加厚区4类,大多数种类叶片上、下表皮均无乳头状突起;气孔器包括无规则型、不等型和并列型3类,以不等型为主;角质膜可分为具条纹和条状隆起2类且部分种类具颗粒,以具条纹类型居多;气孔外拱盖内缘可分为浅波状和近平滑2类,气孔外拱盖纹饰则可分为具颗粒、近平滑和具条纹3类,供试11个种类以气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒为主。分析结果显示:木蓼属不同种类的叶表皮微形态特征多样性较为丰富,这些特征可作为区分该属部分种类的参考依据。

关键词: 木蓼属; 叶表皮; 微形态特征; 分类学意义; 检索表

中图分类号: Q949.744; Q944 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)02-0008-10

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.02.02

Leaf epidermal micro-morphological characteristics of *Atraphaxis* Linn. (Polygonaceae) in China and its taxonomical significance ZHANG Jian^{1,2}, WEN Zhibin², ZHANG Mingli^{2,3,①} (1. School of Life Sciences, Shihezi University, Shihezi 832003, China; 2. Key Laboratory of Biogeography and Bioresources in Arid Land, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, the Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(2): 8-17

Abstract: Leaf epidermal micro-morphological characteristics of eleven species of *Atraphaxis* Linn. (Polygonaceae) in China were observed and compared by scanning electron microscope (SEM), and its taxonomical significance was discussed. Hereby, key to eleven species tested was also compiled. The observation results show that micro-morphological characteristics (including shape of epidermal cells, pattern of anticlinal wall, surface ornamentation of leaf epidermis, cuticular membrane, type of stomatal apparatus, inner margin type and ornamentation of outer stomatal ledge) of leaf epidermis of eleven species tested appear high diversity. Shape of epidermal cell contains two types of irregular and polygonal, pattern of anticlinal wall contains two types of arched and straight, most species tested possess irregular epidermal cell and arched anticlinal wall. Surface ornamentation of leaf epidermis can be divided into four types of papillae, thin area, striate and thickened area, upper and lower epidermis of most species tested have no papillae. Stomatal apparatus can be divided into three types of anomocytic, anisocytic and paracytic with a majority of anisocytic type. Cuticular membrane contains two types of striate and apophysis, in which some species possess granules and striate is major. Inner margin of outer

收稿日期: 2012-12-20

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KZCX2-EW-305); 中国科学院新疆生态与地理研究所“百人计划”资助项目

作者简介: 张健(1987—),男,新疆石河子人,硕士研究生,主要从事植物分类学研究。

①通信作者 E-mail: zhangml@ibcas.ac.cn

stomatal ledge can be divided into two types of sinuolate and nearly smooth, ornamentation of outer stomatal ledge also contains three types of granules, nearly smooth and striate, and sinuolate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge are main among eleven species tested. The analysis result indicates that diversity of micro-morphological characteristics of leaf epidermis among different species of *Atraphaxis* Linn. is relatively rich, as a result, these characteristics are taken as references for distinguishing some species of the genus.

Key words: *Atraphaxis* Linn.; leaf epidermis; micro-morphological characteristics; taxonomical significance; key

木蓼属 (*Atraphaxis* Linn.) 隶属于蓼科 (Polygonaceae) 蓼亚科 (Polygonaceae) 木蓼族 (Tribe. *Atraphaxideae*)^[1-2]。本属在全世界约 25 种, 主要分布于中亚及西亚地区。中国有 11 种 3 变种, 其中仅沙木蓼 (*Atraphaxis bracteata* A. Los.) 和东北木蓼 (*A. manshurica* Kitag.) 分布在中国东北和北部地区, 其余种类主要分布在中国西北地区^[3]。本属植物主要生长在荒漠沙地、干旱山坡及戈壁滩, 具有很强的耐旱、耐瘠薄和抗风沙特性, 是荒漠防风固沙的优良植物之一^[4]。

自 1753 年林奈建立木蓼属以来, 国内外不少学者在该属的形态学、解剖学、孢粉学、细胞学和分子系统学方面进行了大量研究。Jaubert 等^[5]、Pavlov^[6]、Rechinger 等^[7]、Lovelius^[8] 和包伯坚等^[1] 对本属属下分类进行了相关研究, 确立木蓼属应划分为 3 个组: Sect. *Atraphaxis*、Sect. *Physopyrum* (M. Pop.) O. Lovel 和 Sect. *Tragopyrum* (Bieb.) Jaub. et Spach。对于木蓼属属下种类的划分, 不同学者采用不同的方法进行了研究: 包伯坚和李安仁等^[1-3]、杨昌友等^[9-10] 及刘玉兰^[11] 通过形态特征对木蓼属属下各种进行区分并编制分类检索表; 而 Wilkinson^[12] 的解剖学研究仅涉及本属的个别种类, 对于本属 25 个种的区分缺乏足够的解剖学资料; 葛学军等^[13] 对中国木蓼属植物的花粉形态进行了研究, 结果显示仅沙木蓼的花粉纹饰较为特殊, 其余种类的花粉形态特征都比较相似, 孢粉学证据的分类学意义并不显著; Fedorov^[14] 和 Tian 等^[15] 对木蓼属部分种类的染色体数目及核型进行了研究, 发现供试种类多为二倍体, 表明在细胞学方面用染色体倍性特征很难对木蓼属属下类群进行鉴定; Lamb-frye 等^[16] 及孙延霞等^[17-18] 试图采用分子系统学方法对木蓼属种类进行区分, 但该属的种间差异没能得到分子系统学证据的支持。

近年来, 有关植物叶表皮微形态特征及其在不同分类等级间的分类学价值的研究越来越受到植物分

类学家的重视。一方面, 植物营养器官的微形态特征主要是物种本身遗传特征的反映, 叶表皮的微形态特征(如: 表皮细胞类型、气孔器类型和角质膜等) 对探讨现存植物的分类系统有重要意义; 另一方面, 采用营养器官的微形态特征对不同生长期的标本进行鉴定, 更便于区分^[19-20]。植物叶表皮的微形态特征与植物的外部形态特征之间存在一定的相关性, 在种间或更高分类等级之间具有较高的分类价值。目前植物叶表皮微形态特征已应用于葡萄科 (Vitaceae)^[21]、醉鱼草属 (*Buddleja* Linn.)^[22-23]、簇毛黄耆亚属 (Subgenus *Pogonophace*)^[24]、杜鹃花属 (*Rhododendron* Linn.)^[25] 和黄精族 (Tribe. *Polygonateae*)^[26] 等不同等级类群的分类及系统演化和发育途径的研究, 可作为种的区别鉴定特征。

迄今为止, 利用叶表皮微形态特征探讨木蓼属植物系统分类的研究尚未见报道。为此, 作者以国产木蓼属 11 个种类为研究对象, 应用扫描电子显微镜 (SEM) 对叶表皮微形态特征进行观察, 分析供试种类间叶表皮微形态特征的差异, 并据此编制供试 11 个种类的分类检索表, 以期对木蓼属的系统分类和形态学鉴定提供微形态学依据。

1 材料和方法

1.1 材料

2010 年至 2011 年, 对分布于新疆的木蓼属植物进行野外考察并采集相关种类的标本, 凭证标本均存放于中国科学院新疆生态与地理研究所标本馆 (XJBI); 此外, 还查阅了部分种类的腊叶标本并进行形态学观察。大多数供试种类的叶片均直接取自野外, 采集同种植物成熟干净的叶片保存于有适量硅胶的密封袋中, 备用; 少数供试种类的叶片取自中国科学院植物研究所标本馆 (PE) 保存的腊叶标本, 供试种类采集地及凭证标本信息见表 1。

表 1 供试木蓼属种类的采集地及凭证标本信息

Table 1 Collection location and voucher specimen information of *Atraphaxis* Linn. species tested

种类 Species	采集地 Collection location	凭证标本 Voucher specimen
糙叶木蓼 <i>Atraphaxis canescens</i>	新疆阿勒泰 Altai of Xinjiang	张健 BRJ-07 (XJBI) ZHANG Jian BRJ-07 (XJBI)
拳木蓼 <i>Atraphaxis compacta</i>	新疆塔城 Tacheng of Xinjiang	张健 TCG-01 (XJBI) ZHANG Jian TCG-01 (XJBI)
刺木蓼 <i>Atraphaxis spionsa</i>	新疆乌苏 Wusu of Xinjiang	张健 WS-01 (XJBI) ZHANG Jian WS-01 (XJBI)
绿叶木蓼 <i>Atraphaxis laetevirens</i>	新疆塔城 Tacheng of Xinjiang	张健 TCG-07 (XJBI) ZHANG Jian TCG-07 (XJBI)
木蓼 <i>Atraphaxis frutescens</i>	新疆乌鲁木齐 Urumqi of Xinjiang	张健 WLMQ-01 (XJBI) ZHANG Jian WLMQ-01 (XJBI)
锐枝木蓼 <i>Atraphaxis pungens</i>	新疆霍城 Huocheng of Xinjiang	张健 HC-01 (XJBI) ZHANG Jian HC-01 (XJBI)
梨叶木蓼 <i>Atraphaxis pyrifolia</i>	新疆清河 Qinghe of Xinjiang	张健 QH-01 (XJBI) ZHANG Jian QH-01 (XJBI)
额河木蓼 <i>Atraphaxis jrtyschensis</i>	新疆阿勒泰 Altai of Xinjiang	张健 BEJ-12 (XJBI) ZHANG Jian BEJ-12 (XJBI)
沙木蓼 <i>Atraphaxis bracteata</i>	甘肃裕固 Yugu of Gansu	河西队 1348 (PE) Hexi 1348 (PE)
细枝木蓼 <i>Atraphaxis decipiens</i>	新疆阿勒泰 Altai of Xinjiang	张健 ALT-01 (XJBI) ZHANG Jian ALT-01 (XJBI)
东北木蓼 <i>Atraphaxis manshurica</i>	陕西榆林 Yulin of Shaanxi	傅坤俊 6994 (PE) FU Kunjun 6994 (PE)

1.2 方法

实验在中国科学院新疆生态与地理研究所电镜室完成。供试叶片均为取自当年生枝的成熟叶片。先用毛笔去除叶片表面灰尘,在叶片中部剪取 2 片面积约 4 mm × 4 mm 的小片,将小片用导电胶黏贴在样品台上(其中 1 片上表皮朝上、1 片下表皮朝上),喷金镀膜后置于 ZEISS Supra 55vp 型扫描电子显微镜(德国蔡司公司)下观察并拍照。为了检查叶表皮微形态特征的稳定性,每个性状观察 5 ~ 10 个视野并选取合适部位进行拍照,每个视野面积约为 570 μm × 403 μm,每份样品均 3 次重复。参照 Wilkinson^[12]、Baranova^[27-28] 和 Dilcher^[29] 的术语对供试种类的叶表皮微形态特征进行描述。

2 结果和分析

2.1 叶表皮微形态特征的分析

扫描电镜下供试的 11 种木蓼属植物叶片的上、下表皮微形态特征的结果见表 2 及图版 I 和 II。观察结果表明:木蓼属植物叶表皮微形态特征(包括表皮细胞形状、垂周壁式样、叶表皮表面纹饰、角质膜、气孔器类型和气孔外拱盖内缘类型及其纹饰)表现出较高的多态性。同一种类的叶片上、下表皮细胞形状和垂周壁式样同形或近同形;大多数种类的叶片上、下表皮无乳头状突起,仅糙叶木蓼(*Atraphaxis canescens* Bge.) (图版 I - 1, 2) 和绿叶木蓼 [*A. laetevirens* (Ledeb.) Jaub. et Spach] (图版 I - 11) 的叶表皮有乳头状突起;同一种类叶片上、下表皮均有气孔器分布,气孔器类型以不等型为主,其次为无规则型,仅额河木蓼(*A. jrtyschensis* Yang et Han) (图版 II -

7 ~ 9) 的气孔器类型为平列型;角质膜以具条纹类型居多,其次为具条状隆起;气孔外拱盖内缘类型大多为浅波状,少数近平滑;气孔外拱盖纹饰多数具颗粒,少数近平滑,仅木蓼 [*A. frutescens* (Linn.) Eversm.] (图 I - 14) 的气孔外拱盖纹饰具条纹。

2.1.1 表皮细胞形状和垂周壁式样的差异分析 扫描电镜下供试 11 种木蓼属植物叶片上、下表皮细胞的形状及垂周壁式样均一致;表皮细胞形状可分为不规则形(irregular)和多边形(polygonal) 2 种类型;垂周壁式样也可分为弓形(arched)和平直(straight) 2 种类型。由此可将供试的 11 个种类划分为 2 类:①叶表皮细胞不规则形且垂周壁弓形,这一类型包含糙叶木蓼(图版 I - 1)、刺木蓼(*A. spionsa* Linn.) (图版 I - 7)、木蓼(图版 I - 13)、锐枝木蓼 [*A. pungens* (M. Bieb.) Jaub. et Spach] (图版 II - 1)、梨叶木蓼 (*A. pyrifolia* Bge.) (图版 II - 4)、额河木蓼(图版 II - 7)、细枝木蓼 (*A. decipiens* Jaub. et Spach) (图版 II - 13) 和东北木蓼(图版 II - 16);②叶表皮细胞多边形且垂周壁平直,这一类型包含拳木蓼 (*A. compacta* Ledeb.) (图版 I - 4)、绿叶木蓼(图版 I - 10) 和沙木蓼(图版 II - 10)。

2.1.2 叶表皮表面纹饰的差异分析 扫描电镜下供试 11 个种类叶片上、下表皮表面纹饰可分为乳头状突起(papillae)、薄壁区(thin area)、具条纹(striate)和加厚区(thickened area) 4 种类型。据此可将供试的 11 个种类分为 5 类:①叶片上、下表皮均有乳头状突起,这一类型包含糙叶木蓼(图版 I - 1, 2) 和绿叶木蓼(图版 I - 11),其中后者仅叶片下表皮具乳头状突起;②叶片上、下表皮均具薄壁区,这一类型包含拳木蓼(图版 I - 4, 5) 和额河木蓼(图版 II - 7, 8);③叶片

上、下表皮均具加厚区,这一类型包含沙木蓼(图版 II-10,11)、细枝木蓼(图版 II-13,14)和东北木蓼(图版 II-16,17);④叶片上、下表皮均具条纹,这一类型包含刺木蓼(图版 I-7,8)、锐枝木蓼(图版 II-1,2)和梨叶木蓼(图版 II-4,5);⑤叶片上表皮具加厚区、下表皮具条纹,这一类型仅木蓼1种(图版 I-13,14)。

2.1.3 气孔器类型的差异分析 扫描电镜下供试11个种类的叶片上、下表皮均具有气孔器且气孔器类型一致;气孔形状均为椭圆形,气孔器类型则可分为无

规则型(anomocytic)、不等型(anisocytic)和平列型(paracytic)3种类型。根据气孔器类型可将供试11个种类分为3类:①气孔器无规则型,具有该类气孔器的种类有糙叶木蓼(图版 I-2)、沙木蓼(图版 II-11)、细枝木蓼(图版 II-14)和东北木蓼(图版 II-17);②气孔器不等型,具有该类气孔器的种类有拳木蓼(图版 I-5)、刺木蓼(图版 I-8)、绿叶木蓼(图版 I-11)、木蓼(图版 I-14)、锐枝木蓼(图版 II-2)和梨叶木蓼(图版 II-5);③气孔器平列型,具有该类气孔器的种类仅额河木蓼1种(图版 II-8)。

表2 扫描电镜下供试11种木蓼属植物叶表皮微形态特征¹⁾

Table 2 Micro-morphological characteristics of leaf epidermis of eleven species tested in *Atraphaxis* Linn. under SEM¹⁾

种类 Species	上表皮特征 Upper epidermis feature			下表皮特征 Lower epidermis feature				
	SC	PAW	SO	SO	TSA	CM	IMT	OLS
糙叶木蓼 <i>A. canescens</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	乳头状突起 Papillae	乳头状突起 Papillae	无规则型 Anomocytic	具条纹 Striate	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules
拳木蓼 <i>A. compacta</i>	多边形 Polygonal	平直 Straight	薄壁区 Thin area	薄壁区 Thin area	不等型 Anisocytic	条状隆起并附有少量颗粒 Apophysis with a few granules	近平滑 Nearly smooth	近平滑 Nearly smooth
刺木蓼 <i>A. spionsa</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	具条纹 Striate	具条纹 Striate	不等型 Anisocytic	具条纹并附有大量颗粒 Striate with mass granules	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules
绿叶木蓼 <i>A. laetevirens</i>	多边形 Polygonal	平直 Straight	加厚区 Thickened area	乳头状突起 Papillae	不等型 Anisocytic	具条纹 Striate	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules
木蓼 <i>A. frutescens</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	加厚区 Thickened area	具条纹 Striate	不等型 Anisocytic	具条纹 Striate	近平滑 Nearly smooth	具条纹 Striate
锐枝木蓼 <i>A. pungens</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	具条纹 Striate	具条纹 Striate	不等型 Anisocytic	具条纹 Striate	近平滑 Nearly smooth	具颗粒 Granules
梨叶木蓼 <i>A. pyrifolia</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	具条纹 Striate	具条纹 Striate	不等型 Anisocytic	具条纹 Striate	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules
额河木蓼 <i>A. jytyschensis</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	薄壁区 Thin area	薄壁区 Thin area	平列型 Paracytic	条状隆起 Apophysis	近平滑 Nearly smooth	近平滑 Nearly smooth
沙木蓼 <i>A. bracteata</i>	多边形 Polygonal	平直 Straight	加厚区 Thickened area	加厚区 Thickened area	无规则型 Anomocytic	条状隆起 Apophysis	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules
细枝木蓼 <i>A. decipiens</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	加厚区 Thickened area	加厚区 Thickened area	无规则型 Anomocytic	具条纹并附有少量颗粒 Striate with a few granules	浅波状 Sinuolate	近平滑 Nearly smooth
东北木蓼 <i>A. manshurica</i>	不规则形 Irregular	弓形 Arched	加厚区 Thickened area	加厚区 Thickened area	无规则型 Anomocytic	条状隆起 Apophysis	浅波状 Sinuolate	具颗粒 Granules

¹⁾ SC: 表皮细胞形状 Shape of epidermal cell; PAW: 垂周壁式样 Pattern of anticlinal wall; SO: 叶表皮表面纹饰 Surface ornamentation of leaf epidermis; TSA: 气孔器类型 Type of stomatal apparatus; CM: 角质膜 Cuticular membrane; IMT: 气孔外拱盖内缘类型 Inner margin type of outer stomatal ledge; OLS: 气孔外拱盖纹饰 Ornamentation of outer stomatal ledge.

2.1.4 角质膜的差异分析 扫描电镜下供试11个种类的下表皮角质膜特征可分为具条纹(striate)、条状隆起(apophysis)、条状隆起并附有少量颗粒(apophysis with a few granules)、具条纹并附有大量颗粒(striate with mass granules)以及具条纹并附有少量

颗粒(striate with a few granules)5类。根据角质膜特征可将供试11个种类分为2类:①角质膜具条纹或附有颗粒,这一类型包含糙叶木蓼(图版 I-2)、刺木蓼(图版 I-8)、绿叶木蓼(图版 I-11)、木蓼(图版 I-14)、锐枝木蓼(图版 II-2)、梨叶木蓼(图版 II-5)

和细枝木蓼(图版 II-14);②角质膜具条状隆起或附有颗粒,这一类型包含拳木蓼(图版 I-5)、额河木蓼(图版 II-8)、沙木蓼(图版 II-11)和东北木蓼(图版 II-17)。

2.1.5 气孔外拱盖内缘类型及其纹饰的差异分析
扫描电镜下供试 11 个种类的气孔外拱盖内缘可分为浅波状(sinuate)和近平滑(nearly smooth)2 种类型;气孔外拱盖纹饰可分为具颗粒(granules)、近平滑(nearly smooth)和具条纹(striate)3 种类型。根据气孔外拱盖内缘类型和纹饰的特征可将供试 11 个种类分为 4 类:①气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒,这一类型包含糙叶木蓼(图版 I-3)、刺木蓼(图版 I-9)、绿叶木蓼(图版 I-12)、梨叶木蓼(图版 II-

6)、沙木蓼(图版 II-12)和东北木蓼(图版 II-18);②气孔外拱盖内缘和纹饰均近平滑,这一类型包含拳木蓼(图版 I-6)、额河木蓼(图版 II-9)和细枝木蓼(图版 II-15);③气孔外拱盖内缘近平滑且纹饰具条纹,这一类型仅木蓼 1 种(图版 I-15);④气孔外拱盖内缘近平滑且纹饰具颗粒,属于这一类型也仅锐枝木蓼 1 种(图版 II-3)。

2.2 基于叶表皮微形态特征的供试木蓼属 11 个种类的分类检索表

根据叶表皮微形态特征(主要包括表皮细胞形状、垂周壁式样、叶表皮表面纹饰、角质膜、气孔器类型和气孔外拱盖内缘类型及其纹饰),编制了供试木蓼属 11 个种类的分类检索表。

基于叶表皮微形态特征的 11 种木蓼属植物的分类检索表

1. 气孔器类型为平列型 额河木蓼 *Atraphaxis jrtyschensis*
1. 气孔器类型为不等型或无规则型
 2. 叶上表皮和下表皮表面纹饰均有乳头状突起 糙叶木蓼 *Atraphaxis canescens*
 2. 叶上表皮和下表皮表面纹饰仅一面有乳头状突起或均无乳头状突起
 3. 叶上表皮细胞形状为多边形且垂周壁平直
 4. 叶上表皮表面纹饰具加厚区
 5. 叶下表皮表面纹饰有乳头状突起 绿叶木蓼 *Atraphaxis laetevirens*
 5. 叶下表皮表面纹饰无乳头状突起 沙木蓼 *Atraphaxis bracteata*
 4. 叶上表皮表面纹饰具薄壁区
 6. 叶下表皮表面纹饰具薄壁区,角质膜条状隆起并附有少量颗粒 拳木蓼 *Atraphaxis compacta*
 6. 叶下表皮表面纹饰具加厚区,角质膜具条纹并附有大量颗粒 刺木蓼 *Atraphaxis spionsa*
 3. 叶上表皮细胞形状为不规则形且垂周壁弓形
 7. 叶下表皮角质膜具条状隆起 东北木蓼 *Atraphaxis manshurica*
 7. 叶下表皮角质膜具条纹
 8. 气孔器类型为无规则型 细枝木蓼 *Atraphaxis decipiens*
 8. 气孔器类型为不等型
 9. 气孔外拱盖内缘浅波状 梨叶木蓼 *Atraphaxis pyrifolia*
 9. 气孔外拱盖内缘平滑
 10. 气孔外拱盖纹饰具条纹 木蓼 *Atraphaxis frutescens*
 10. 气孔外拱盖纹饰具颗粒 锐枝木蓼 *Atraphaxis pungens*

3 讨 论

3.1 对木蓼属属下分组问题的探讨

中国产木蓼属属下可分为刺木蓼组(Sect. *Atraphaxis*)和木蓼组(Sect. *Tragopyrum*)^[2-3],木蓼组和刺木蓼组种类在外部形态特征上的区别在于:前者

花被片 4、雄蕊 6、柱头 2、瘦果双凸镜状;后者花被片 5、雄蕊 8、柱头 3、瘦果具三棱。本研究中供试的 11 个木蓼属种类中,糙叶木蓼、拳木蓼和刺木蓼属于刺木蓼组;绿叶木蓼、木蓼、锐枝木蓼、梨叶木蓼、额河木蓼、沙木蓼、细枝木蓼和东北木蓼属于木蓼组。根据 11 种木蓼属植物叶表皮微形态特征的分类检索表,额河木蓼与供试的其他种类有明显差异,与根据外部形

态特征所划分的刺木蓼组和木蓼组不对应。从这点上看,叶表皮微形态证据不支持根据外部形态特征对中国木蓼属种类所做的属下组的划分。

3.2 对木蓼属中一些近缘种分类问题的探讨

3.2.1 关于刺木蓼与拳木蓼的区分 刺木蓼与拳木蓼同属于刺木蓼组^[2],在外部形态上这2个种很相似,主要区别在于刺木蓼当年生枝细而直立、叶互生,拳木蓼当年生枝短缩、叶簇生,在实际辨识过程中往往将这2个种混淆。然而这2个种的叶表皮微形态特征却表现出明显的差异性:前者叶表皮细胞不规则形且垂周壁弓形,后者叶表皮细胞多边形且垂周壁平直;前者叶表皮表面纹饰具条纹,后者叶表皮表面纹饰具薄壁区;前者角质膜具条纹并附有大量颗粒,后者角质膜条状隆起并附有少量颗粒;前者气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒,后者气孔外拱盖内缘和纹饰均近平滑。由此可以看出:虽然刺木蓼与拳木蓼在外部形态特征上比较相似且不易区分,但是它们的叶表皮微形态特征却有明显差异。因此,叶表皮微形态特征或许可为外部形态特征较相似种类的区分提供一些新证据。

3.2.2 关于木蓼与细枝木蓼的区分 Pavlov^[6]认为木蓼和细枝木蓼是外部形态特征很相近的2个种类,但它们的叶表皮微形态特征则有一定的差异,这在前述的检索表中可明显体现出来。在叶表皮微形态特征方面这2个种的区别在于:前者叶片下表皮表面纹饰具条纹,后者叶片下表皮表面纹饰具加厚区;前者气孔器不等型,后者气孔器无规则型;前者气孔外拱盖内缘近平滑且纹饰具条纹,后者气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰近平滑。此外,Sun等^[18]采用分子系统学方法也证实了这2个种的亲缘关系有一定距离。因此,从这2个种的亲缘关系上看,形态学证据、叶表皮微形态学证据和分子系统学证据三者相互吻合。

3.3 关于额河木蓼分类问题的探讨

杨昌友^[9]在1984年发表了额河木蓼(*Atraphaxis jrtyschensis* Yang et Han)为新疆木蓼属新种,同时也是中国特有种。从外部形态特征上看,额河木蓼植株高1~1.5 m,主干粗壮、弯拐、无毛,老枝顶端成刺状,当年生枝顶端生叶或花;叶线性或披针形,通常多呈镰状弯曲;总状花序少花,花被片5,淡绿色,具白色或粉红色边缘;瘦果长卵形。而其他木蓼属种类主干粗壮或细弱,直立或弯拐,枝顶端具刺或无刺;叶多为卵形、宽卵形或椭圆形等,无镰状弯曲;花被片4或5,粉

红色或深粉红色,具白色或粉红色边缘;瘦果双凸镜状或三棱状。

在扫描电镜下,额河木蓼(图版II-7~9)的叶表皮微形态特征为:气孔器平列型,该特征与本属的其他种类有明显的区别;表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、叶表皮表面纹饰具薄壁区、角质膜具条状隆起、气孔外拱盖内缘与纹饰均为近平滑。在叶表皮微形态特征上额河木蓼与供试的另外10个同属种类间确实存在不同的特征。因此,叶表皮微形态特征的研究结果支持杨昌友将该种作为新疆木蓼属新种、中国特有种的分类处理。

观察结果表明:在扫描电镜下,同种植物叶片的表皮细胞形状、气孔器类型等特征基本一致,但在不同种类间这些特征则有一定差异性。因此,叶表皮微形态特征对木蓼属植物的鉴别和区分具有一定的参考价值。本研究涉及的木蓼属种类仅11种且均为国产种类,其研究结果具有一定的局限性,有关木蓼属植物叶表皮微形态特征分类学意义的研究将在今后针对更多种类特别是在补充国外种类的基础上进一步深入完善。

致谢:野外采集过程得到孟宏虎、谢开庆和陆伟的帮助;在研究过程中得到中国科学院新疆生态与地理研究所标本馆(XJBI)、石河子大学标本馆(SHI)、新疆农业大学标本馆(XJA)和中国科学院植物研究所标本馆(PE)等单位的帮助;张宏祥和姜小龙帮助校对图版,在此一并致谢。

参考文献:

- [1] 包伯坚,李安仁.中国木蓼属的研究兼论木蓼族的系统[J].植物分类学报,1993,31(2):127-139.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会.中国植物志:第二十五卷第一分册[M].北京:科学出版社,1998:133-142.
- [3] LI A J, BAO B J, ALISA E, et al. Polygonaceae[M]//WU Z Y, RAVEN P H. Flora of China; Vol. 5. Beijing: Science Press, 2003: 328-332.
- [4] 刘瑛心.中国沙漠植物志[M].北京:科学出版社,1985:306-316.
- [5] JAUBERT C, SPACH E. Illustrationes Plantarum Orientalium[M]. Paris: Robet, 1844: 255-259.
- [6] PAVLOV N V. *Atraphaxis* [M]//KOMAROV V L. Flora of the URSS; Vol. 5. Moscow: Science Press, 1936: 501-527.
- [7] RECHINGER K H, SCHIMAN-CZEIKA H. *Atraphaxis* [M]//RECHINGER K H. Flora Iranica; Vol. 49. Graz: Akademische Druck-u Verlagsanstalt, 1968: 30-35.
- [8] LOVELIUS O L. Composition specierum, distribution geographica et cohaerentia oecologica generis *Atraphaxis* L. (Polygonaceae) [J]. Novitates Systematicae Plantarum Vascularium, 1978, 15: 114-127.

- [9] 杨昌友. 新疆木蓼属新种[J]. 植物研究, 1984, 4(2): 150-151.
- [10] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志: 第一卷[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992: 257-265.
- [11] 刘玉兰. 中国木蓼属 *Atraphaxis* L. 种类与分布[J]. 西北师范学院学报: 自然科学版, 1985(3): 46-52.
- [12] WILKINSON H P. The plant surface (mainly leaf) [M] // METCALFE C R, CHALK L. Anatomy of the Dicotyledons: Vol. 1. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, 1979: 97-165.
- [13] 葛学军, 刘国钧. 中国木蓼属花粉形态的研究[J]. 干旱区研究, 1994, 11(4): 8-13.
- [14] FEDOROV A A. Chromosome Numbers of Flowering Plants[M]. Germany: Koenigstein, 1969: 303-311.
- [15] TIAN X M, LIU R R, TIAN B, et al. Karyological studies of *Parapteropyrum* and *Atraphaxis* (Polygonaceae) [J]. Caryologia, 2009, 62: 261-266.
- [16] LAMB-FRYE A S, KRON K A. Phylogeny and character evolution in Polygonaceae[J]. Systematic Botany, 2003, 28: 326-332.
- [17] 孙延霞, 张明理. 干旱半干旱地区蓼科4属植物的系统发育关系研究[J]. 干旱区研究, 2011, 28(5): 849-853.
- [18] SUN Y X, ZHANG M L. Molecular phylogeny of tribe Atraphaxideae (Polygonaceae) evidenced from five cpDNA sequence genes[J]. Journal of Arid Land, 2012, 4(2): 180-190.
- [19] KOCSIS M, DARÓK J, BORHIDI A. Comparative leaf anatomy and morphology of some neotropical *Rondeletia* (Rubiaceae) species[J]. Plant Systematics and Evolution, 2004, 248: 205-218.
- [20] 彭 斌, 周义峰, 舒 璞, 等. 黄独(*Dioscorea bulbifera* L.)不同居群叶表皮微形态特征的比较观察[J]. 植物资源与环境学报, 2011, 20(2): 19-27.
- [21] 任 辉, 潘开玉, 陈之端, 等. 葡萄科植物叶表皮特征及其系统学意义[J]. 植物分类学报, 2003, 41(6): 531-544.
- [22] CHEN G, SUN W B, SUN H. Morphological characteristics of leaf epidermis and size variation of leaf, flower and fruit at different ploidy levels in *Buddleja macrostachya* (Buddlejaceae) [J]. Journal of Systematics and Evolution, 2009, 47(3): 231-236.
- [23] CHEN G, SUN W B, SUN H. Leaf epidermal characteristics of Asiatic *Buddleja* L. under scanning electron microscope: insights into chromosomal and taxonomic significance [J]. Flora, 2010, 205(11): 777-785.
- [24] KANG Y, ZHANG M L. Leaf epidermal feature of *Astragalus* L. subgenus *Pogonophace* Bunge (Leguminosae) from China and its systematic significance[J]. 植物研究, 2009, 29(1): 25-32.
- [25] 王玉国, 李光照, 张文驹, 等. 中国杜鹃花属的叶表皮特征及其系统学意义[J]. 植物分类学报, 2007, 45(1): 1-20.
- [26] 吕海亮, 吴世安, 杨 继, 等. 叶表皮及种皮特征在黄精族系统学研究中的应用[J]. 植物分类学报, 2000, 38(1): 31-43, 97-100.
- [27] BARANOVA M A. Historical development of the present classification of morphological types of stomates [J]. The Botanical Review, 1987, 53(1): 53-79.
- [28] BARANOVA M A. Principles of comparative stomatographic studies of flowering plants[J]. The Botanical Review, 1992, 58(1): 49-99.
- [29] DILCHER D L. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains[J]. The Botanical Review, 1974, 40(1): 1-157.

(责任编辑: 惠 红)

图版说明 Explanation of Plates

图版 I 1-3. 糙叶木蓼: 1. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰乳头状突起; 2. 下表皮, 示表面纹饰乳头状突起、角质膜具条纹及无规则型气孔器; 3. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒。4-6. 拳木蓼: 4. 上表皮, 示表皮细胞多边形且垂周壁平直、表面纹饰薄壁区; 5. 下表皮, 示表面纹饰薄壁区、角质膜具条状隆起并具少量颗粒及不等型气孔器; 6. 气孔, 示气孔外拱盖内缘和纹饰近平滑。7-9. 刺木蓼: 7. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰具条纹; 8. 下表皮, 示表面纹饰具条纹、角质膜具条纹并具大量颗粒及不等型气孔器; 9. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒。10-12. 绿叶木蓼: 10. 上表皮, 示表皮细胞多边形且垂周壁平直、表面纹饰加厚区; 11. 下表皮, 示表面纹饰乳头状突起、角质膜具条纹及不等型气孔器; 12. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒; 13-15. 木蓼: 13. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰加厚区; 14. 下表皮, 示表面纹饰和角质膜具条纹及不等型气孔器; 15. 气孔, 示气孔外拱盖内缘近平滑且纹饰具条纹。

Plate I 1-3. *Atraphaxis canescens* Bge.: 1. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, papillae of surface ornamentation; 2. Lower epidermis, showing papillae of surface ornamentation, striate cuticular membrane and anomocytic stomatal apparatus; 3. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 4-6. *Atraphaxis compacta* Ledeb.: 4. Upper epidermis, showing polygonal epidermis cells and straight anticlinal wall, thin area of surface ornamentation; 5. Lower epidermis, showing thin area of surface ornamentation, apophysis cuticular membrane with a few granules and anisocytic stomatal apparatus; 6. Stomata, showing both inner margin and ornamentation of outer stomatal ledge being nearly smooth. 7-9. *Atraphaxis spionsa* Linn.: 7. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, striate of surface ornamentation; 8. Lower epidermis, showing striate of surface ornamentation, striate cuticular membrane with mass granules and anisocytic stomatal apparatus; 9. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 10-12. *Atraphaxis laetevirens* (Ledeb.) Jaub. et Spach: 10. Upper epidermis, showing polygonal epidermis cells and straight anticlinal wall, thickened area of surface ornamentation; 11. Lower epidermis,

showing papillae of surface ornamentation, striate cuticular membrane and anisocytic stomatal apparatus; 12. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 13–15. *Atraphaxis frutescens* (Linn.) Eversm.: 13. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, thickened area of surface ornamentation; 14. Lower epidermis, striate of surface ornamentation and cuticular membrane, and anisocytic stomatal apparatus; 15. Stomata, showing nearly smooth inner margin and striate ornamentation of outer stomatal ledge.

图版 II 1–3. 锐枝木蓼: 1. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰具条纹; 2. 下表皮, 示表面纹饰和角质膜具条纹及不等型气孔器; 3. 气孔, 示气孔外拱盖内缘近平滑且纹饰具颗粒. 4–6. 梨叶木蓼: 4. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰具条纹; 5. 下表皮, 示表面纹饰和角质膜具条纹及不等型气孔器; 6. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒. 7–9. 额河木蓼: 7. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰薄壁区; 8. 下表皮, 示表面纹饰薄壁区、角质膜具条状隆起及并列型气孔器; 9. 气孔, 示气孔外拱盖内缘和纹饰近平滑. 10–12. 沙木蓼: 10. 上表皮, 示表皮细胞多边形且垂周壁平直、表面纹饰加厚区; 11. 下表皮, 示表面纹饰加厚区、角质膜具条状隆起及无规则型气孔器; 12. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒; 13–15. 细枝木蓼: 13. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰加厚区; 14. 下表皮, 示表面纹饰加厚区、角质膜具条纹并具少量颗粒及无规则型气孔器; 15. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰近平滑; 16–18. 东北木蓼: 16. 上表皮, 示表皮细胞不规则形且垂周壁弓形、表面纹饰加厚区; 17. 下表皮, 示表面纹饰加厚区、角质膜具条状隆起及无规则型气孔器; 18. 气孔, 示气孔外拱盖内缘浅波状且纹饰具颗粒.

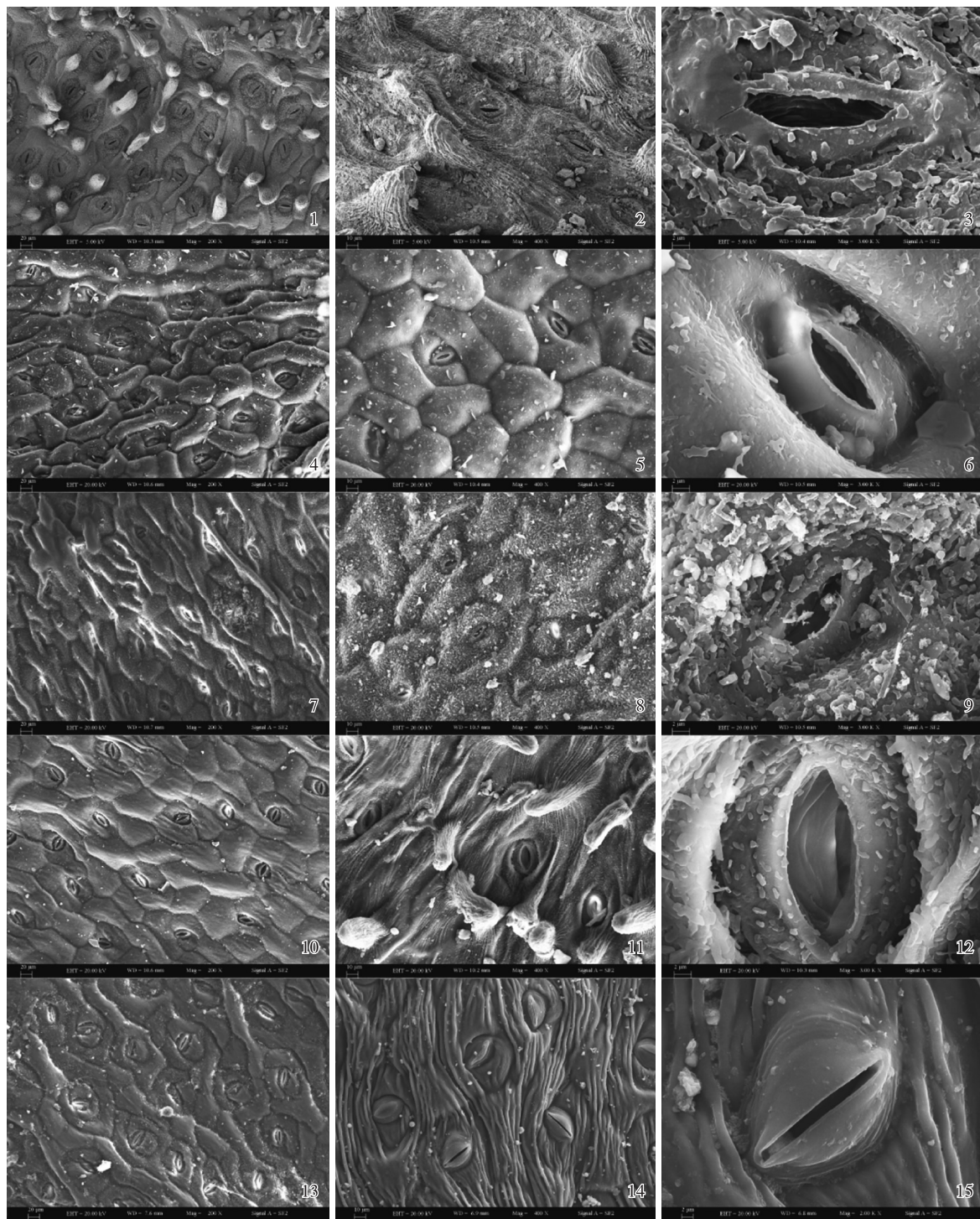
Plate II 1–3. *Atraphaxis pungens* (M. Bieb.) Jaub. et Spach: 1. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, striate of surface ornamentation; 2. Lower epidermis, showing striate of surface ornamentation and cuticular membrane, and anisocytic stomatal apparatus; 3. Stomata, showing nearly smooth inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 4–6. *Atraphaxis pyrifolia* Bge: 4. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, striate of surface ornamentation; 5. Lower epidermis, showing striate of surface ornamentation and cuticular membrane, and anisocytic stomatal apparatus; 6. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 7–9. *Atraphaxis jrtyschensis* Yang et Han: 7. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, thin area of surface ornamentation; 8. Lower epidermis, showing thin area of surface ornamentation, apophysis cuticular membrane and paracytic stomatal apparatus; 9. Stomata, showing both inner margin and ornamentation of outer stomatal ledge being nearly smooth. 10–12. *Atraphaxis bracteata* A. Los.: 10. Upper epidermis, showing polygonal epidermis cells and straight anticlinal wall, thickened area of surface ornamentation; 11. Lower epidermis, showing thickened area of surface ornamentation, apophysis cuticular membrane and anomocytic stomatal apparatus; 12. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge. 13–15. *Atraphaxis decipiens* Jaub. et Spach: 13. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, thickened area of surface ornamentation; 14. Lower epidermis, showing thickened area of surface ornamentation, striate cuticular membrane with a few granules and anomocytic stomatal apparatus; 15. Stomata, showing sinuate inner margin and nearly smooth ornamentation of outer stomatal ledge. 16–18. *Atraphaxis manshurica* Kitag.: 16. Upper epidermis, showing irregular epidermis cells and arched anticlinal wall, thickened area of surface ornamentation; 17. Lower epidermis, showing thickened area of surface ornamentation, apophysis cuticular membrane and anomocytic stomatal apparatus; 18. Stomata, showing sinuate inner margin and granules ornamentation of outer stomatal ledge.

张 健, 等: 中国木蓼属植物叶表皮微形态特征及其分类学意义

图版 I

ZHANG Jian, et al: Leaf epidermal micro-morphological characteristics of *Atraphaxis* Linn. (Polygonaceae) in China and its taxonomical significance

Plate I



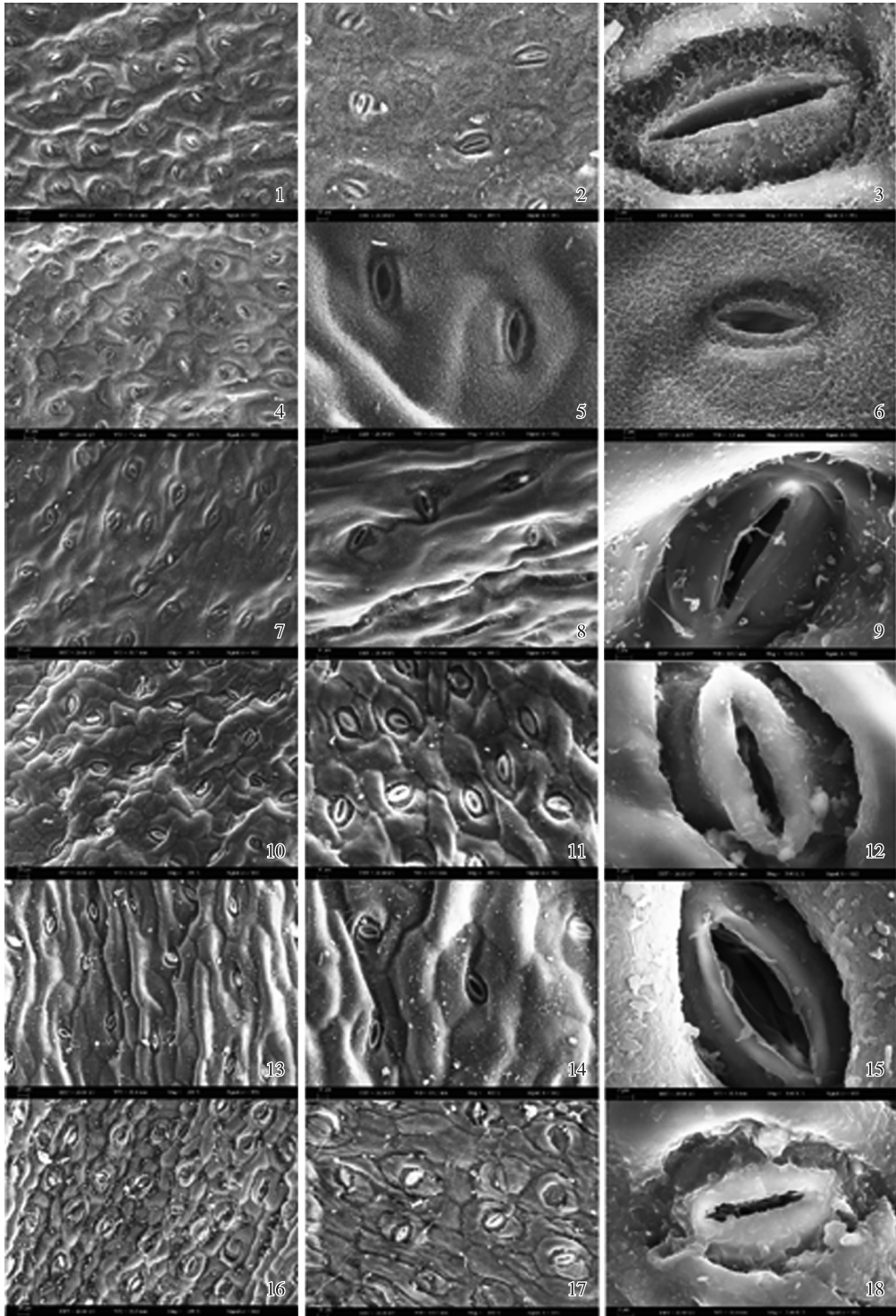
See the explanation at the end of the text

张 健, 等: 中国木蓼属植物叶表皮微形态特征及其分类学意义

图版 II

ZHANG Jian, et al: Leaf epidermal micro-morphological characteristics of *Atraphaxis* Linn. (Polygonaceae) in China and its taxonomical significance

Plate II



See the explanation at the end of the text