

中国绢蒿属 *Seriphidium* (Bess.) Poljak. 16种植物花粉形态研究*

孙会忠¹ 贺学礼^{1,2**} 陈铁山¹ 张跃进¹

1. 西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; 2. 河北大学生命科学学院, 保定 071002

摘要 为了探讨绢蒿属 *Seriphidium* (Bess.) Poljak. 植物系统位置及该属植物物种间的系统演化关系, 对我国 16 种绢蒿属植物花粉进行了光学显微镜(LM)和扫描电子显微镜(SEM)下的形态观察. 绢蒿属花粉立体形状为近球形或长球形, 赤道面观为圆形或椭圆形, 极面观为三裂片圆形, 极板较小; 花粉粒较小, 极轴(P)长 12.8—31.3 μm , 赤道轴(E)长 11.5—25.3 μm , P/E 平均值为 1.22; 具三孔沟, 直达两极; 多数孔膜不明显; 外壁三层, 外两层层次清晰; 花粉粒两端多为圆弧状; 外壁纹饰在光镜下多呈表面粗糙或颗粒状, 扫描电子显微镜下以颗粒状-刺状复合纹饰为主. 因此, 绢蒿属植物花粉形态特征具有较高一致性, 种间表现出的特异性为绢蒿属的系统分类提供了有价值的信息.

关键词 花粉粒 花粉形态 绢蒿属 中国

绢蒿属 *Seriphidium* (Bess.) Poljak. 全世界约有 130 种, 《中国植物志》记载我国有 31 种 3 变种, 是前苏联学者 Poljakov 于 1961 年从原蒿属 *Artemisia* L. 中划分出来的一个具有同形两性花的头状花序属. 该属主要分布于中亚及我国西北干旱地区, 北美洲西部和中部次之, 欧洲中东部以南至非洲北部也有少量分布. 绢蒿属植物不仅具有较高的药用、饲用和生态价值, 而且部分种类是西北干旱草原的建群种和优势种^[1-5].

由于该属植物外部形态特征连续性和交叉性较强, 因而对其系统分类带来许多困难, 特别是近缘种之间很难区分, 以至于不同的分类学家对属和属下等级的划分存在分歧. 目前, 我国广泛采用的是植物分类学家林有润对绢蒿属的分类观点, 如《中国植物志》和《新疆植物志》, 但也有不接受绢蒿属独立成属的观点, 如《中国沙漠植物志》; 国外学者, 特别是 Grubov 等仍极力主张将绢蒿属归入

蒿属中^[5,6].

形态性状是传统植物分类的主要依据. 目前绢蒿属植物的分类系统主要也是利用宏观形态性状建立的, 对其进行研究的手段和涉及的领域极为有限, 在对该类植物的具体鉴定和检索中, 一些种的分类学处理颇为困难. 花粉形态特征相对保守, 对花粉形态的研究有助于解决某些植物在分类系统上的地位问题^[7]. 绢蒿属植物花粉研究只有零星报道^[8,9], 而有关其超微结构的报道尚未见到.

鉴于上述背景, 再加上近年对艾蒿类野生植物资源药用、饲用及生态价值开发步伐的加快, 对绢蒿属进行进一步的深入研究, 订正和补充其分类学资料, 完善其分类系统就成为急需解决的问题. 本研究利用光学显微镜和扫描电子显微镜对 16 种绢蒿属植物花粉形态进行了观测, 以期从微观形态为进一步探讨绢蒿属植物系统分类和演化关系提供依据.

2006-05-08 收稿, 2006-06-21 收修改稿

* 国家自然科学基金资助项目(批准号: 30470133)

** 通讯作者, E-mail: xuelh1256@yahoo.com.cn

1 材料和方法

供试材料取自中国科学院新疆生态与地理研究所标本馆(XJBI)、新疆农业大学标本馆(XJA)、西北植物研究所标本馆(WUK)所藏的腊叶标本以及野外自采标本(表1),所有材料的花粉状态(如含水量)一致。凭证标本由西北农林科技大学陈彦生和

贺学礼教授统一鉴定。所有材料均经过 Erdtman G 醋酸酐分解法处理^[10-12],在光学显微镜下观察和测定花粉粒大小,每个物种的花粉粒大小为在 10×40 倍下测量20个花粉粒的平均值。用于扫描电子显微镜观察的材料,用双面胶带将处理后的花粉固定在样品台上,经喷金镀膜后,在扫描电子显微镜下观察和拍照。

表1 材料来源

种	采集地	采集人	标本号	海拔/m	保存地
高山绢蒿 <i>S. rhodanthum</i> (Rupr.) Poljak.	新疆阿克苏县塔拉克	新疆综合考察队	8499	2450	XJBI
卡拉套绢蒿 <i>S. karatavicum</i> (Krasch. et Abol. ex Poljak.) Ling et Y. R. Ling	新疆托里县	张振万	633	950	XJBI
三裂叶绢蒿 <i>S. junceum</i> (Kar. et Kir) Poljak.	新疆托克县	不详	11069	700	XJBI
蒙青绢蒿 <i>S. mongolorum</i> (Krasch.) Ling et Y. R. Ling	新疆乌鲁木齐市	杨昌友	不详	850	XJA
西北绢蒿 <i>S. nitrosum</i> (Web. ex Stech.) Poljak	新疆东方红牧场	崔乃然	C0152	1100	XJA
伊塞克绢蒿 <i>S. issykkulense</i> (Poljak) Poljak	新疆乌恰县	张振万	C820338	2400	XJA
纤细绢蒿 <i>S. gracilescens</i> (Krasch. et Iijin) Poljak	新疆塔城	新疆综合考察队	2977	500	XJA
民勤绢蒿 <i>S. minchunensa</i> Y. R. Ling	甘肃民勤县	中国科学院甘青队	1455	1300	WUK
昆仑绢蒿 <i>S. korovinii</i> (Poljak) Poljak	新疆昆仑山	不详	不详	2200	XJA
聚头绢蒿 <i>S. compactum</i> (Fisch. ex Bess.) Poljak	新疆阿尔泰楚河	不详	不详	800	XJA
博洛塔绢蒿 <i>S. borotalense</i> (Poljak.) Ling et Y. R. Ling	新疆乌鲁木齐市	张振万	4685	1000	XJBI
球序绢蒿 <i>S. lehmanianum</i> (Bge.) Poljak.	新疆青河达坂山	李安仁,朱家栋	1613	2400	XJBI
伊犁绢蒿 <i>S. transiliense</i> (Poljak.) Poljak	新疆乌鲁木齐市	孙会忠,牛忠磊	S0045	900	WUK
沙漠绢蒿 <i>S. santolinum</i> (Schrenk) Poljak.	新疆布尔津县	张振万	4221	450	XJBI
草原绢蒿 <i>S. schrenkianum</i> (Ledeb.) Poljak.	新疆伊犁特克斯县	刘国钧	7482	1200	XJBI
新疆绢蒿 <i>S. kascharium</i> (Krasch.) Poljak	新疆察布察尔	刘红露	3582	900	XJBI

注:材料含绢蒿属的3组8系(绢蒿组 Sect. Seriphidium 中,绢蒿系 Ser. Seriphidium 的有草原绢蒿、伊犁绢蒿、西北绢蒿、蒙青绢蒿、卡拉套绢蒿;新疆绢蒿系 Ser. kaschgaricum 的有新疆绢蒿、伊塞克绢蒿;纤细绢蒿系 Ser. Pauciflora 的有纤细绢蒿;沙漠绢蒿系 Ser. Santolina 的有沙漠绢蒿;高山绢蒿系 Ser. Rhodantha 的有高山绢蒿、博洛塔绢蒿;聚头绢蒿系 Ser. Compacta 的有聚头绢蒿、球序绢蒿、民勤绢蒿组 Sect. Minchunensa 中,民勤绢蒿系 Ser. Minchunensa 的有民勤绢蒿、三裂叶绢蒿组 Sect. Juncea 中,三裂叶绢蒿系 Ser. Juncea 的有三裂叶绢蒿)

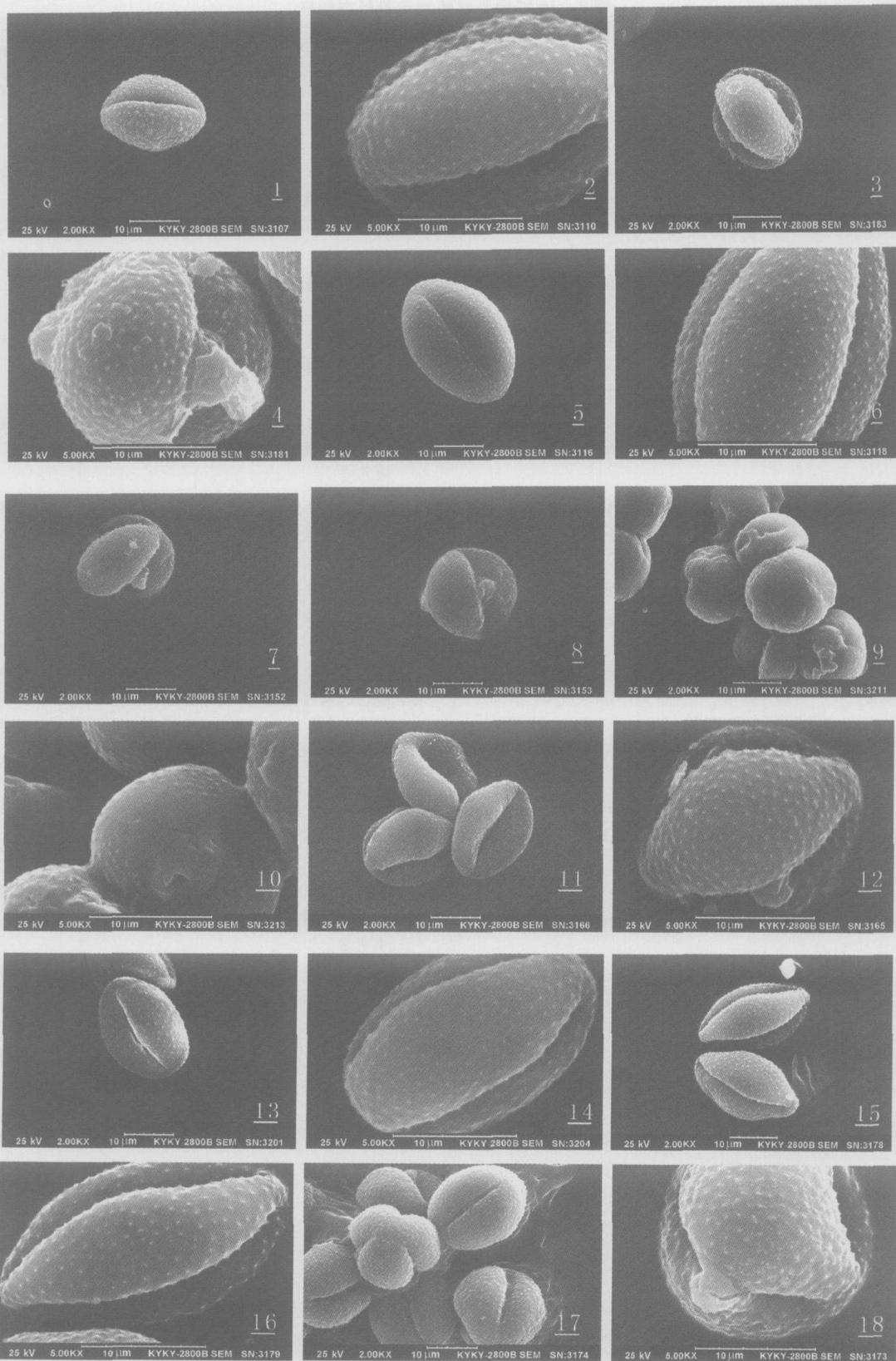
2 结果和分析

绢蒿属的花粉为单粒花粉,立体形状为近球形或长球形,赤道面观为圆形或椭圆形,极面观为三裂片圆形,极板较小;花粉粒较小,极轴(P)长 $12.8-31.3\ \mu\text{m}$,赤道轴(E)长 $11.5-25.3\ \mu\text{m}$,平均P/E值为1.22;具三孔沟,沟长而宽,或长而窄,直达两极,但沟末端在极板上都不连接形成合沟,沟中间较宽,两头较窄,沟不形成弯曲,沟深因种而有差异;多数孔膜不明显,部分孔膜外突,

边缘整齐或稍整齐,形状为椭圆形、近圆形和横长;外壁三层,外两层次次清晰,外层等于或厚于内层,多从亚极区到赤道区外壁逐渐加厚,内层略明显;光镜下花粉粒呈浅黄色,外壁轮廓线平滑;花粉粒两端多为圆弧状,少数种类花粉的两端较平或略尖;外壁纹饰:在光镜下观察外壁表面粗糙或有短刺状体,扫描电镜下观察外壁表面以颗粒状-刺状复合纹饰为主,部分颗粒顶部微刺状,与蒿自然群的其他属相比,刺状纹饰明显退化。绢蒿属花粉形态分种描述详见表2,图1。

表2 16种绢蒿属植物花粉形态特征

种名	形状	大小 (极轴×赤道轴)	极轴/赤道轴	萌发孔类型	壁层结构	外壁纹饰
博洛塔绢蒿 <i>S. borotalense</i>	长球形、极面观 三裂片圆形	26.5 μm (17.5—28.0) ×18.0 μm (17.3—22.5)	1.47	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 深, 沟缘略整齐, 孔膜外突	外壁外层和内层结构明显, 内壁略明显, 厚 2.4 μm	颗粒状-刺状
草原绢蒿 <i>S. schrenkianum</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	19.6 μm (17.3—21.5) ×20.8 μm (17.5—23.8)	0.94	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 浅, 沟缘不整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.5 μm	颗粒状
高山绢蒿 <i>S. rhodanthum</i>	长球形、极面观 三裂片圆形	28.4 μm (18.0—29.4) ×16.4 μm (15.8—25.5)	1.73	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 浅, 沟缘整齐, 孔膜不明显	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.3 μm	颗粒状-刺状
聚头绢蒿 <i>S. compactum</i>	近球形或卵形、极面观三裂片圆形	22.5 μm (15.5—25.0) ×21.5 μm (18.0—25.3)	1.05	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 深, 沟缘整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.3 μm	颗粒状
卡拉套绢蒿 <i>S. fedtschenkoanum</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	19.5 μm (15.5—22.8) ×18.6 μm (17.0—20.3)	1.05	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 浅, 沟缘略整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.3 μm	颗粒状
昆仑绢蒿 <i>S. korovinii</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	20.3 μm (17.3—23.8) ×21.1 μm (17.5—25.0)	0.96	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 深, 沟缘略整齐, 内孔外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.7 μm	颗粒状-刺状
蒙青绢蒿 <i>S. mongolorum</i>	长球形、极面观 三裂片圆形	24.1 μm (13.5—24.3) ×18.5 μm (12.8—21.8)	1.30	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 浅, 沟缘整齐, 孔膜不明显	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.5 μm	颗粒状-刺状
民勤绢蒿 <i>S. minchunensa</i>	长球形、极面观 三裂片圆形	22.3 μm (12.8—31.3) ×11.6 μm (11.5—25.3)	1.92	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 浅, 沟缘整齐, 无孔膜	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.0 μm	颗粒状-刺状
三裂叶绢蒿 <i>S. junceum</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	20.4 μm (18.8—22.5) ×21.1 μm (17.5—25.5)	0.97	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 浅, 沟缘整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.5 μm	颗粒状
沙漠绢蒿 <i>S. santolinum</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	21.7 μm (15.0—25.0) ×20.9 μm (18.8—22.8)	1.04	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 深, 沟缘整齐, 孔膜明显	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.7 μm	颗粒状-刺状
西北绢蒿 <i>S. nitrosum</i>	长球形、极面观 三裂片圆形	23.8 μm (17.5—25.3) ×16.4 μm (15.0—22.3)	1.42	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 浅, 沟缘整齐, 孔膜不明显	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.4 μm	颗粒状-刺状
纤细绢蒿 <i>S. gracilescens</i>	长球形或近球形、极面观三裂片圆形	23.6 μm (12.8—25.3) ×13.1 μm (17.0—25.3)	1.72	三孔沟, 沟长达两极, 窄, 深, 沟缘整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.0 μm	颗粒状-刺状
新疆绢蒿 <i>S. kascharium</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	19.1 μm (17.0—22.0) ×21.4 μm (19.5—23.3)	0.89	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 深, 沟缘嚼烂状, 孔膜明显	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.4 μm	颗粒状-刺状
伊犁绢蒿 <i>S. transiliense</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	19.3 μm (15.2—21.2) ×18.0 μm (14.8—20.0)	1.07	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 浅, 沟缘略整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.5 μm	颗粒状
伊塞克绢蒿 <i>S. issykkulense</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	22.4 μm (15.0—25.3) ×21.7 μm (12.8—25.3)	1.03	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 深, 沟缘整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 2.3 μm	颗粒状-刺状
球序绢蒿 <i>S. lehmanianum</i>	近球形、极面观 三裂片圆形	19.4 μm (13.8—21.5) ×18.5 μm (12.5—20.0)	1.05	三孔沟, 沟长达两极, 宽, 浅, 沟缘不整齐, 孔膜外突	三层, 外两层清晰, 内层略明显, 厚 1.3 μm	颗粒状



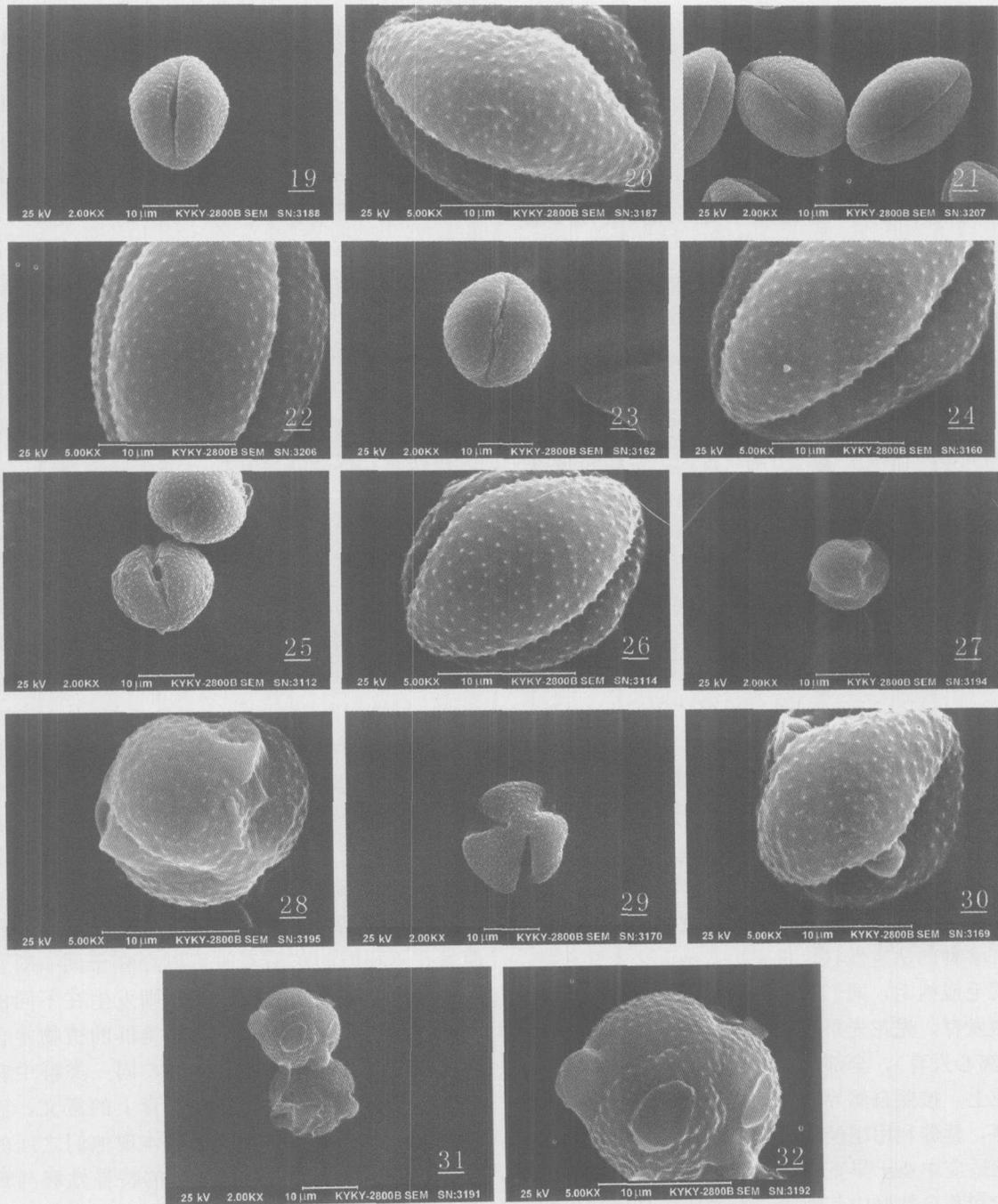


图1 绢蒿属16个种的花粉形态

1—2, 博洛塔绢蒿 *S. borotalense* (Poljak.) Ling et Y. R. Ling; 3—4, 草原绢蒿 *S. schrenkianum* (Ledeb.) Poljak; 5—6, 高山绢蒿 *S. rhodanthum* (Rupr.) Poljak; 7—8, 聚头绢蒿 *S. compactum* (Fisch. ex Bess.) Poljak; 9—10, 卡拉套绢蒿 *S. fedtschenkoanum* (Poljak.) Poljak; 11—12, 昆仑绢蒿 *S. korovinii* (Poljak) Poljak; 13—14, 蒙青绢蒿 *S. mongolorum* (Krasch.) Ling et Y. R. Ling; 15—16, 民勤绢蒿 *S. minchunensa* Y. R. Ling; 17—18, 三裂叶绢蒿 *S. junceum* (Kar. et Kir) Poljak; 19—20, 沙漠绢蒿 *S. santolinum* (Schrenk) Poljak; 21—22, 西北绢蒿 *S. nitrosum* (Web. ex Stech.) Poljak; 23—24, 纤细绢蒿 *S. gracilescens* (Krasch. et Ijij) Poljak; 25—26, 新疆绢蒿 *S. kascharium* (Krasch.) Poljak; 27—28, 伊犁绢蒿 *S. transiliense* (Poljak.) Poljak; 29—30, 伊塞克绢蒿 *S. issykkulense* (Poljak) Poljak; 31—32, 球序绢蒿 *S. lehmanianum* (Bge.) Poljak

3 讨论和结论

植物花粉数量多,花粉的形态特征是具有很强遗传稳定性的保守性状,它既有科的共同特征,也有属、种的特异性^[13,14]。绢蒿属植物花粉形态特征具有很高的-致性。突出表现在:花粉呈近球形或长球形, P/E 介于0.92—1.92之间;萌发孔类型均为三孔沟;绝大多数的表面纹饰为颗粒状,刺状纹饰明显呈退化趋势,这种-致性说明绢蒿属与蒿自然群有着很近的亲缘关系^[8,9,15]。就花粉大小而言,绢蒿属花粉与蒿自然群中的蒿属、絮蒿属(*Elachanthemum*)、百花蒿属(*Stilpnolepis*)、栉叶蒿属(*Neopallasia*)等的花粉相比普遍偏小,从而表现出进化性^[16,17]。蒿属植物花粉外壁表面绝大多数为刺状纹饰,刺状和颗粒状复合纹饰中颗粒状纹饰不占主体,而绢蒿属植物花粉外壁表面刺状纹饰已经明显退化,颗粒状纹饰已占优势,有些种甚至已经没有刺状纹饰的痕迹,例如博洛塔绢蒿 *S. borotalense*(Poljak.) Ling et Y. R. Ling, 草原绢蒿 *S. schrenkianum*(Ledeb.) Poljak. 和卡拉套绢蒿 *S. fedtschenkoanum*(Krasch. et Abol. ex Poljak) Ling et Y. R. Ling. 另外,根据“Wodehouse 效应”,长球形花粉的调节功能强,较进化;球形花粉的调节功能相对较小,因而进化程度相对较低的观点^[18],绢蒿属近球形和长球形的花粉形态也是在蒿自然群演化上处于较高级阶段的标志之一。从植物外部形态和生物发育看,绢蒿属的叶片与近缘属相比,已经高度的裂化,裂片呈线形、线形披针形或椭圆披针形,许多种的丛生性状也很突出,绝大多数都密被绒毛、柔毛或棉毛,同形两性花的数量大大减少,中心花强烈发育,先花先果,边缘花减少至极限,花从里向外(离心发育),全部结实,植物把营养集中在少数几朵花上,按照自然界生物发育特点,种的繁殖成活率越高,营养利用越经济,则越表现进化。可见绢蒿属是能适应中亚干旱荒漠气候的进化类群,这与绢蒿属花粉和蒿自然群中其他属花粉的比较分析结果相吻合,支持了林有润等学者关于绢蒿属在蒿自然群中是比较进化类群的观点^[9]。

萌发孔是孢粉系统发育上最重要的标志,萌发孔的进化是种子植物演化中的主要特征之一,而萌发孔的关键特征取决于萌发孔的数目、类型、形状和位置^[18]。萌发孔的功能体现在两个方面,一是为花粉管萌发提供出口,二是随环境湿度变化调节花

粉粒大小的功能。绢蒿属花粉的萌发孔虽有很高的一致性,但种间仍有细微差别。昆仑绢蒿 *S. korovinii*(Poljak) Poljak, 伊塞克绢蒿 *S. issykkulense*(Poljak) Poljak 和草原绢蒿 *S. schrenkianum*(Ledeb.) Poljak. 的孔沟最深,而且较宽,沙漠绢蒿 *S. santolinum*(Schrenk) Poljak. 和聚头绢蒿 *S. compactum*(Fisch. ex Bess.) Poljak 的次之,西北绢蒿 *S. nitrosun*(Web. ex Stech.) Poljak、高山绢蒿 *S. rhodanthum*(Rupr.) Poljak 和球序绢蒿 *S. lehmanianum*(Bge.) Poljak. 的孔沟最浅;孔膜外突的种有球序绢蒿、伊塞克绢蒿、伊犁绢蒿 *S. transiliense*(Poljak.) Poljak、卡拉套绢蒿、草原绢蒿和三裂叶绢蒿 *S. junceum*(Kar. et Kir) Poljak. 这些种间表现出的特异性对绢蒿属的系统分类是很有意义的。

绢蒿属花粉形态在种上表现出的特异性,与现有绢蒿属分类系统无论在组级还是在系级水平上,都有一些出入。例如,花粉表面纹饰和形状都极为相似的草原绢蒿和三裂叶绢蒿就分属于绢蒿组(Sect. *Serphidium*)和三裂叶绢蒿组(Sect. *Juncea*),民勤绢蒿(*S. minchunensa* Y. R. Ling)和西北绢蒿也属于这种情况;花粉表面纹饰和形状差异很大的西北绢蒿和伊犁绢蒿却同属于绢蒿组(Sect. *Serphidium*)的绢蒿系(Ser. *Seriphidium*);花粉表面纹饰和形状较为相似的聚头绢蒿和伊犁绢蒿分别属于绢蒿系(Ser. *Seriphidium*)和聚头绢蒿系(Ser. *Compact*)。当然,目前大量的花粉形态研究表明,萌发孔不相同的花粉有时可以存在于同一科、属或种内,而一些不同的花粉类型则发生在不同的分类单元中;与此相反,一些不同类群的植物常含有极其相似的花粉,这种情况表明,同一类群中花粉形态的变异很可能是具有系统发育上的意义,而不同类群中花粉形态的相似性可能体现他们之间的亲缘关系^[10,19]。绢蒿属花粉表现出的特异性和与现行分类系统上的出入为我们进一步深入研究和探讨绢蒿属分类系统提供了富有价值的信息。

通过以上分析,可得出以下基本结论:(1)绢蒿属植物花粉形态特征具有较高的一致性,花粉形态特征与蒿属的相似性,说明两者有着很近的亲缘关系;(2)花粉形态表现出的种间特异性对绢蒿属属下阶元的划分,特别是对组和系的划分具有重要参考价值;(3)从孢粉学角度看,绢蒿属的属下分

类还有些混乱,有些种的归属还需要进一步探讨.

对于绢蒿属的系统分类学研究,仅有孢粉学方面的资料是不够的,必须辅助更多的实验手段和积累更多证据,例如形态解剖、血清学和细胞地理学等方面都尚待进一步研究和积累证据.

参 考 文 献

- 1 林有润. 中国植物志. 第76卷第2分册. 北京: 科学出版社, 1991, 253—289
- 2 Ling Yeou-ruenn. The old world *Seriphidium* (Bess) Poljak. (Compositae). Bull Bot Res, 1991, 11(4): 1—40
- 3 Ling Yeou-ruenn. The new world *Seriphidium* (Bess.) Poljak. Royal Botanic Gardens, 1995, 1: 283—291
- 4 Poljakov P. Material and systematic of the *Artemisia* L.. Trudy Inst Bot Alma-Ata, 1961, 11: 134—177
- 5 Grubov VL. Key to the Vascular Plants of Mongolia. Leningro: Sciences Branch Press, 1982, 248
- 6 Grubov VL. Florae reipublicae popularis Mongoliae species endemicae. Nov Sys Pl. Vascaul, 1984, 21: 202—220
- 7 姜正旺, 王圣梅, 张忠慧, 等. 猕猴桃属花粉形态及其系统学意义. 植物分类学报, 2004, 42(3): 245—260
- 8 张金谈, 王萍莉, 郝海平, 等. 现代花粉应用研究. 北京: 科学出版社, 1990, 31—35
- 9 林有润. 论蒿属的演化系统—兼论蒿属与邻近属的亲缘关系. 植物研究, 1982, 2(2): 1—60
- 10 韦仲新, 吴征镒. 鹅掌楸属花粉的超微结构研究及其系统学意义. 云南植物研究, 1993, 15(2): 163—166
- 11 Erdtman G 著. 中国科学院植物研究所古植物室孢粉组译. 孢粉学手册. 北京: 科学出版社, 1978, 283, 317
- 12 孙京田, 王书运, 桂维玲, 等. 木犀科植物花粉的扫描电镜研究. 电子显微学报, 1991, 10(1): 24—28
- 13 Erdtman G 著. 孢粉学手册. 北京: 科学出版社, 1982, 10—60
- 14 王开发. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社, 1982, 1—25
- 15 蒋林, 林有润. 中国蒿属植物比较形态和解剖学研究: II 花粉形态. 热带亚热带植物学报, 1996, 4(3): 1—14
- 16 朱宗元, 梁存柱, 王炜, 等. 蕲蒿属一新种和对该属分类及演化的讨论. 植物研究, 2003, 23(4): 147—153
- 17 孙京田, 徐砚田. 山东蒿属花粉形态及其在分类上的意义. 山东师大学报, 1997, 12(2): 186—190
- 18 刘家熙, 席以珍, 宁建长, 等. 中国紫草科厚壳树亚科的花粉形态及其系统学意义. 植物分类学报, 2003, 41: 209—219
- 19 张小平, 周忠泽. 中国蓼科花粉的系统演化. 合肥: 中国科学技术出版社, 1998, 93