

中国 12 种绢蒿属植物种子的微形态特征研究^{*}

孙会忠^{1,2}, 贺学礼^{1,3}, 张跃进¹, 陈铁山¹

(1 西北农林科技大学 生命科学院, 陕西 杨凌 712100;

2 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003;

3 河北大学 生命科学院, 河北 保定 071002)

[摘 要] 为探讨绢蒿属 *Seriphidium* (Bess) Poljak 植物的系统分类学问题, 应用光镜和扫描电镜对我国 12 种绢蒿属植物的种子微形态特征进行了比较观察。结果表明, 12 种绢蒿属植物种子形态多样, 分别呈卵形、长卵形、棒状、矩圆形和肾形; 表面纹饰以纵条纹为主; 在系级水平上, 种子微形态特征虽表现出相似性, 但仍具有一定的分类学价值; 种子形态、大小((0.78~2.86) mm × (0.31~1.03) mm)、千粒重(0.286~0.512 g)、表面纹饰类型等特征为绢蒿属植物系统分类提供了丰富的信息。

[关键词] 绢蒿属; 种子微形态特征; 系统学意义

[中图分类号] Q944.59

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)01-0217-06

Study on microstructure features of seeds from 12 *Seriphidium* (Bess) Poljak plants in China

SUN Hui-zhong^{1,2}, HE Xue-li^{1,3}, ZHANG Yue-jin¹, CHEN Tie-shan¹

(1 College of Life Sciences, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Agriculture, Henan Sci-Tech University, Luoyang, Henan 471003, China;

3 College of Life Sciences, Hebei University, Baoding, Hebei 071002, China)

Abstract: In order to discuss the taxonomic characteristics of *Seriphidium* (Bess) Poljak, the seed microstructure features of its 12 species in China were observed under light microscope (LM) and scanning electron microscope (SEM). The results show that the shapes of seeds are oviform, long oviform, claviform, oblongish and kidney-shaped respectively, and their ornamentations are mainly vertical wrinkles. At section level, the microstructure features of seed are more or less alike, but they are useful to some extent for classification of *Seriphidium* (Bess) Poljak. The length is from 0.78 mm to 2.86 mm, the width is from 0.31 mm to 1.03 mm, and the kernel weight is from 0.286 g to 0.512 g. Based on results, the microstructure features of seed provide important informations for classification of *Seriphidium* (Bess) Poljak.

Key words: *Seriphidium*; microstructure features of seed; taxonomic significance

绢蒿属(*Seriphidium* (Bess) Poljak)隶属于春黄菊族(Trib. Anthemideae)菊亚族(Chrysantheminae)蒿自然群(Gres. Artemisiae),在蒿自然群中,是仅次于蒿属的一个大属,全世界约130余种,中国记载的有31种3变种,欧亚大陆、美洲西部和中部以

及非洲北部也有少量分布^[1]。绢蒿属中许多种类为重要的药用植物,如沙漠绢蒿(*S. santolinum* (Schrenk) Poljak)和白茎绢蒿(*S. terrae* (Krash) Poljak);有些种类为优良的饲用植物,如伊犁绢蒿(*S. transiliense* (Poljak) Poljak)和球序绢蒿(*S.*

* [收稿日期] 2006-04-10

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30470133)

[作者简介] 孙会忠(1976-),男,河南洛阳人,在读博士,主要从事植物系统学和资源学研究。E-mail: huizhong66@163.com

[通讯作者] 贺学礼(1964-),男,陕西蒲城人,教授,博士生导师,主要从事植物系统学和资源学研究。

lehm annianum (Beg) Poljak); 此外, 很多种类还是
一些地区具有固沙作用的先锋植物种^[1-2]。

由于蒿自然群植物种类多、分布广、分化大等,
其系统分类一直是分类学家颇感棘手的问题, 其中
对绢蒿属的系统分类一直存在争议, 但目前诸多学
者普遍认可植物分类学家林有润先生关于绢蒿属的
分类观点。由于种子处于相对封闭的环境中, 与其他
营养器官相比, 受外界环境因子影响较少, 其性状在
分类学上的意义不亚于花被和花粉形态。自 20 世纪
50 年代起, 不少学者将种子微形态特征用于植物分

类学与系统学研究, 证明了种子微形态结构在科、
属、种等不同水平上具有分类学意义^[3-9]。为了丰富
绢蒿属系统分类资料和探讨其分类学问题, 本试验
对 12 种绢蒿属植物种子的微形态特征进行了研究,
旨在为绢蒿属植物分类提供参考依据。

1 材料与方法

试验所用 12 种绢蒿属植物及其种子均采自野
外(2004~ 2005 年), 凭证标本存于河北大学生命科
学学院植物标本室(表 1)。

表 1 中国 12 种绢蒿属植物来源

Table 1 Origin of 12 *Seriphidium* (Bess) Poljak plants in China

类别 Difference of Ser	种 Species	采集地 Locality	采集时间 Date	采集人 Collector	标本号 Specimen	海拔/m Altitude	生活型 Type of life
绢蒿系 Ser <i>Seriphidium</i>	西北绢蒿 <i>S. nitrosium</i> (Web ex Stechm.) Poljak	新疆乌鲁木齐 Wulumuqi, Xinjiang	2004-08-26	孙会忠 Sun Huizhong	S0041	950	多年生草本 Perennials
	卡拉套绢蒿 <i>S. karatavicum</i> (Krasch et Abolex Poljak) Ling et Y. R. Ling	新疆察布查尔 Chabuchaer, Xinjiang	2005-09-02	牛忠磊 Niu Zhong-lei	S0070	900	半灌木 Semi-shrub
	伊犁绢蒿 <i>S. transiliense</i> (Poljak) Poljak	新疆乌鲁木齐 Wulumuqi, Xinjiang	2005-09-05	孙会忠 Sun Huizhong	S0053	900	多年生草本 Perennials
	东北绢蒿 <i>S. finitum</i> (Kitag) Ling et Y. R. Ling	新疆博乐县阿拉山 Alamtole, Xinjiang	2004-08-02	孙会忠 Sun Huizhong	S0096	200	多年生草本 Perennials
新疆绢蒿系 Ser Kaschgarica	伊塞克绢蒿 <i>S. issykulense</i> (Poljak) Poljak	新疆塔什库尔干 Tashikuergan, Xinjiang	2004-08-19	季新成 Ji Xin-cheng	S0051	2 000	多年生草本 Perennials
	新疆绢蒿 <i>S. kaschgaricum</i> (Krasch) Poljak	新疆乌鲁木齐 Wulumuqi, Xinjiang	2004-08-18	牛忠磊 Niu Zhong-lei	S0029	950	半灌木 Semi-shrub
沙漠绢蒿系 Ser Santolina	沙漠绢蒿 <i>S. santolinum</i> (Schrenk) Poljak	新疆布尔津 Buerjin, Xinjiang	2005-08-12	孙会忠 Sun Huizhong	S0110	450	半灌木 Semi-shrub
南疆绢蒿系 Ser Valida	费尔干绢蒿 <i>S. ferganense</i> (Krasch ex Poljak) Poljak	新疆温宿县 Wensu, Xinjiang	2005-09-15	戴攀军 Dai Pan-jun	D1201	2 200	多年生草本 Perennials
准噶尔绢蒿系 Ser Sublessingiana	针裂叶绢蒿 <i>S. sublessingianum</i> (Kell) Poljak	新疆乌图布拉克 Wutubulake, Xinjiang	2004-09-21	戴攀军 Dai Pan-jun	D1209	1 100	半灌木 Semi-shrub
	小针裂叶绢蒿 <i>S. amoenum</i> (Poljak) Poljak	新疆乌图布拉克 Wutubulake, Xinjiang	2005-09-02	戴攀军 Dai Pan-jun	D1256	1 150	半灌木 Semi-shrub
	纤细绢蒿 <i>S. gracilescens</i> (Krasch et Iljin) Poljak	新疆阿勒泰县 Altai, Xinjiang	2004-09-11	孙会忠 Sun Huizhong	N0044	950	多年生草本 Perennials
高山绢蒿系 Ser Rhodantha	博洛塔绢蒿 <i>S. borotalense</i> (Poljak) Ling et Y. R. Ling	新疆博乐县 Bole, Xinjiang	2005-09-16	季新成 Ji Xin-cheng	S0047	900	多年生草本 Perennials

选用发育良好的成熟种子, 自然干燥, 光镜观察
种子形状、颜色、表面纹饰等, 并测量其大小, 计算长
宽比, 每样品测 20 粒, 求其平均值。再将种子置于双
面胶带上, 喷金镀膜后移入 JSM-6360LV 型扫描电
镜下观察并拍照, 每样品观察 4~ 5 粒^[10]。

2 结果与分析

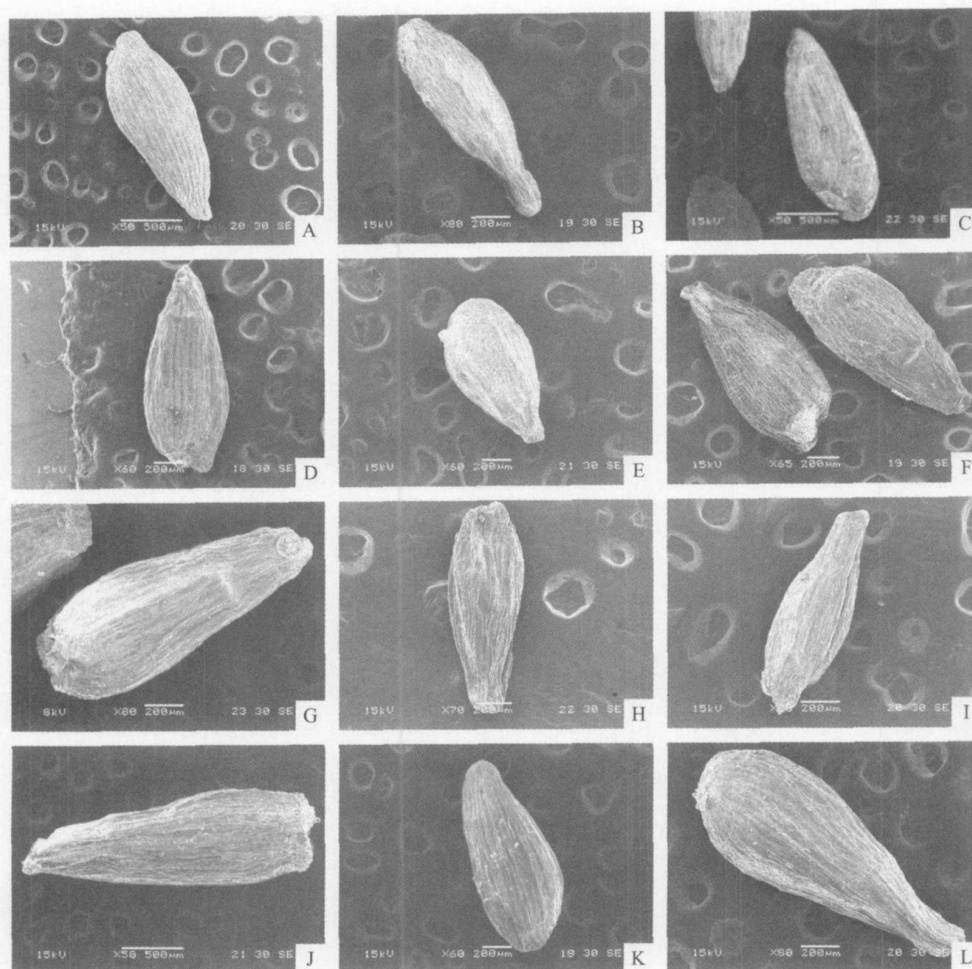
2.1 西北绢蒿 *S. nitrosium* (Web ex Stechm.) Poljak

该植物别名嗜硝蒿。观察发现, 种子长卵形, 灰
色至灰褐色, 顶端具明显的喙状突起, 大小 1.68
mm × 0.66 mm, 长宽比 2.55, 千粒重 0.512 g (图版

I-A)。种子表面纹饰: 光镜下为均匀平行状的纵条
纹, 且贯穿两极, 赤道处纵条纹宽 45 μm; 扫描电镜
下为纵条纹, 条纹之间有窄缝隙, 每个条纹上略有纵
皱褶(图版 II-A)。

2.2 卡拉套绢蒿 *S. karatavicum* (Krasch. et Abolex Poljak) Ling et Y. R. Ling

种子棒状, 灰褐色, 顶端喙状突起不明显, 另一
端有明显环行收缩区, 大小 1.97 mm × 0.58 mm, 长
宽比 3.40, 千粒重 0.290 g (图版 I-B)。种子表面纹
饰: 光镜下表面粗糙, 纵条纹不明显, 赤道处纵条纹
宽 65 μm; 扫描电镜下为纵条纹, 每个条纹上有纵皱
褶(图版 II-B)。



图版 I 12 种绢蒿属植物种子的形态特征

A. 西北绢蒿 ($\times 50$); B. 卡拉套绢蒿 ($\times 80$); C. 伊犁绢蒿 ($\times 50$); D. 东北蛔蒿 ($\times 60$); E. 伊塞克绢蒿 ($\times 60$); F. 新疆绢蒿 ($\times 65$); G. 沙漠绢蒿 ($\times 80$); H. 费尔干绢蒿 ($\times 70$); I. 针裂叶绢蒿 ($\times 80$); J. 小针裂叶绢蒿 ($\times 50$); K. 纤细绢蒿 ($\times 60$); L. 博洛塔绢蒿 ($\times 80$)

Plate I Morphological characteristics of seed from 12 species *Seriphidium* (Bess) Poljak

A. *S. nitrosum* ($\times 50$); B. *S. karatavicum* ($\times 80$); C. *S. transiliense* ($\times 50$); D. *S. finitum* ($\times 60$); E. *S. issykulense* ($\times 60$); F. *S. kaschgaricum* ($\times 65$); G. *S. santolinum* ($\times 80$); H. *S. ferganense* ($\times 70$); I. *S. sublessingianum* ($\times 80$); J. *S. am oenum* ($\times 50$); K. *S. gracilescens* ($\times 60$); L. *S. borotal-ense* ($\times 80$)

2 3 伊犁绢蒿 *S. transiliense* (Poljak) Poljak

该植物别名苦艾蒿。种子卵形, 灰色至灰褐色, 喙状突起不明显, 大小 $1.96 \text{ mm} \times 0.76 \text{ mm}$, 长宽比 2.58, 千粒重 0.360 g (图版 I -C)。种子表面纹饰: 光镜下为纵细条纹, 且贯穿两极, 赤道处纵条纹宽 $8 \mu\text{m}$; 扫描电镜下呈搓板状凸凹, 纵条纹呈排列紧密的长细胞状, 有间断现象, 光滑无皱褶 (图版 II -C)。

2 4 东北蛔蒿 *S. finitum* (Kitag) Ling et Y. R.

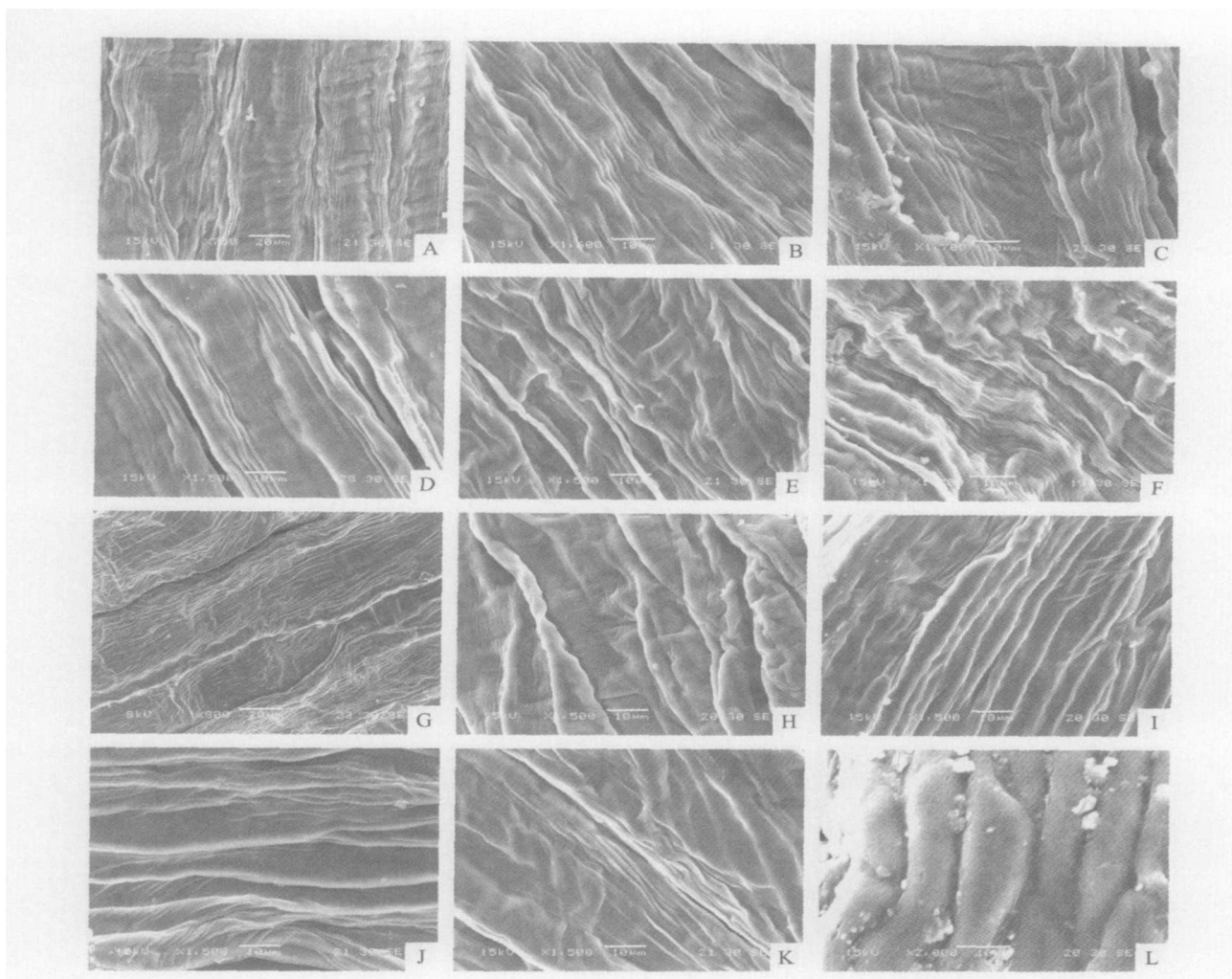
Ling

种子卵形, 灰色至灰褐色, 顶端具明显的喙状突起, 大小 $1.32 \text{ mm} \times 0.68 \text{ mm}$, 长宽比 1.94, 千粒重

0.500 g (图版 I -D)。种子表面纹饰: 光镜下为均匀平行状的纵条纹, 贯穿两极, 赤道处纵条纹带宽 $38 \mu\text{m}$; 扫描电镜下为纵条纹, 每个条纹两侧不仅有纵皱褶, 且中部有横状突起, 略呈搓板状 (图版 II -D)。

2 5 伊塞克绢蒿 *S. issykulense* (Poljak) Poljak

种子肾形, 灰褐色, 喙状突起明显, 大小 $1.36 \text{ mm} \times 0.86 \text{ mm}$, 长宽比 1.58, 千粒重 0.301 g (图版 I -E)。种子表面纹饰: 光镜下粗糙; 扫描电镜下为不规则皱褶, 呈脑波状 (图版 II -E)。



图版 II 12 种绢蒿属植物种子表面纹饰的电镜观察

A. 西北绢蒿($\times 1\,500$); B. 卡拉套绢蒿($\times 1\,500$); C. 伊犁绢蒿($\times 2\,000$); D. 东北蛔蒿 *S. finitum* ($\times 1\,500$); E. 伊塞克绢蒿($\times 1\,500$); F. 新疆绢蒿($\times 1\,500$); G. 沙漠绢蒿 *S. santolinum* ($\times 800$); H. 费尔干绢蒿($\times 1\,500$); I. 针裂叶绢蒿($\times 1\,500$); J. 小针裂叶绢蒿 *S. am oenum* ($\times 1\,500$); K. 纤细绢蒿($\times 1\,500$); L. 博洛塔绢蒿($\times 2\,000$)

Plate II Ornamental characteristic of seed from 12 species *Seriphidium* (Bess) Poljak under SEM

A. *S. nitrosium* ($\times 1\,500$); B. *S. karatavicum* ($\times 1\,500$); C. *S. transiliense* ($\times 2\,000$); D. *S. finitum* ($\times 1\,500$); E. *S. issykulense* ($\times 1\,500$); F. *S. kaschgaricum* ($\times 1\,500$); G. *S. santolinum* ($\times 800$); H. *S. ferganense* ($\times 1\,500$); I. *S. sublesingianum* ($\times 1\,500$); J. *S. am oenum* ($\times 1\,500$); K. *S. gracilescens* ($\times 1\,500$); L. *S. borotalense* ($\times 2\,000$)

2 6 新疆绢蒿 *S. kaschgaricum* (Krasch.) Poljak

该植物别名喀什蒿。种子卵形,灰褐色,顶端具明显的喙状突起,大小 $1.73\text{ mm} \times 0.89\text{ mm}$,长宽比 1.94,千粒重 0.470 g (图版 I-F)。种子表面纹饰:光镜下表面粗糙,纹饰略呈纵向走势,但未贯穿两极;扫描电镜下为不规则的皱褶,呈脑波状,局部皱褶间有细波纹(图版 II-F)。

2 7 沙漠绢蒿 *S. santolinum* (Schrenk) Poljak

种子矩圆形,灰褐色至浅黑色,顶端喙状突起不明显,两端均略呈平截状,大小 $2.16\text{ mm} \times 1.03$

mm ,长宽比 2.10,千粒重 0.502 g (图版 I-G)。种子表面纹饰:光镜下为均匀平行的纵条纹,纵条纹贯穿两极,赤道处纵条纹宽 $45\text{ }\mu\text{m}$;扫描电镜下为纵条纹,每个条纹上有细而均匀的线状纵皱褶(图版 II-G)。

2 8 费尔干绢蒿 *S. ferganense* (Krasch. ex Poljak) Poljak

种子矩圆形,黑褐色,顶端喙状突起不明显,两端略呈平截状,大小 $0.78\text{ mm} \times 0.31\text{ mm}$,长宽比 2.52,千粒重 0.286 g (图版 I-H)。种子表面纹饰:

光镜下为不规则纵皱褶, 蜿蜒伸至两极; 扫描电镜下为不规则皱褶, 呈脑波状(图版 II-H)。

2.9 针裂叶绢蒿 *S. sublessingianum* (Kell.) Poljak

种子矩圆形, 灰褐色, 顶端喙状突起略尖, 两端均呈斜截状, 大小 $2.36\text{ mm} \times 0.96\text{ mm}$, 长宽比 2.46, 千粒重 0.310 g (图版 I-I)。种子表面纹饰: 光镜下为细纵条纹, 多数纵条纹贯穿两极, 赤道处纵条纹宽 $6\text{ }\mu\text{m}$; 扫描电镜下为窄的纵棱纹, 棱纹基部宽, 棱脊呈刀刃状。此外, 棱纹带平滑, 极少有皱褶(图版 II-I)。

2.10 小针裂叶绢蒿 *S. amoenum* (Poljak) Poljak

种子矩圆形, 灰褐色, 喙状突起端呈斜截状, 另一端呈平截状, 大小 $2.86\text{ mm} \times 0.88\text{ mm}$, 长宽比 3.25, 千粒重 0.398 g (图版 I-J)。种子表面纹饰: 光镜下为细纵波状纹, 多数纵条纹贯穿两极, 赤道处纵条纹宽 $9\text{ }\mu\text{m}$; 扫描电镜下为窄的纵棱纹, 棱纹基部宽, 有的棱脊部略呈刀刃状, 多数棱纹带平滑, 极少有斜皱褶(图版 II-J)。

2.11 纤细绢蒿 *S. gracilescens* (Krasch. et Iljin) Poljak

该植物别名纤蒿、戈壁蒿。种子长卵形, 灰褐色至深红色, 喙状突起不明显, 两端均钝圆, 大小 $1.86\text{ mm} \times 0.96\text{ mm}$, 长宽比 1.94, 千粒重 0.460 g (图版 I-K)。种子表面纹饰: 光镜下为均匀平行的纵条纹, 贯穿两极, 赤道处纵条纹宽 $38\text{ }\mu\text{m}$; 扫描电镜下为纵条纹, 条纹之间几乎无缝隙, 每个条纹上略有不规则的皱褶(图版 II-K)。

2.12 博洛塔绢蒿 *S. borotalense* (Poljak) Ling et Y. R. Ling

种子长卵形, 灰褐色至深红色, 喙状突起明显, 大小 $1.76\text{ mm} \times 0.75\text{ mm}$, 长宽比 2.35, 千粒重 0.431 g (图版 I-L)。种子表面纹饰: 光镜下较粗糙, 有明显的纵纹; 扫描电镜下呈长卵石状隆起, 有明显的横隔(图版 II-L)。

3 讨论和结论

绢蒿属共有3个组——绢蒿组(Sect. *Seriphidium*)、民勤绢蒿组(Sect. *Minchunensa* Y. R. Ling)和三裂叶绢蒿组(Sect. *Juncea* (Poljak) Y. R. Ling et C. J. Humphries), 其中民勤绢蒿组和三裂叶绢蒿组均为单种组, 其在整个绢蒿属中所占比例极少, 大多数植物属于绢蒿组, 而绢蒿组共包含7个系, 本研究中的12个种涵盖了绢蒿组中的7个系。因此, 本研

究结果基本代表了绢蒿属植物种子的微形态特征。

根据一些学者对蒿属种子微形态特征的研究可知, 蒿属种子形态多呈球形、长卵形及棒状, 表面纹饰绝大多数为纵条纹^[10-13]。与蒿属相比, 绢蒿属植物种子形态更加多样, 分别有卵形、长卵形、棒状、矩圆形及肾形等, 表面纹饰以纵条纹和不规则皱褶为主。这表明绢蒿属与蒿属有着很近的亲缘关系。

在本研究中, 属于同一系的植物种子形态及其表面纹饰均表现出一定的相似性。如绢蒿系中的西北绢蒿、伊犁绢蒿和东北蛔蒿的种子形态均为卵形, 表面纹饰都均以纵条纹为主; 准噶尔绢蒿系的针裂叶绢蒿和小针裂叶绢蒿的种子形态均呈矩圆形, 种子表面纹饰均为纵棱纹, 且棱纹基部均较宽。

本研究中, 绢蒿属植物种子的表面纹饰表现出丰富的多样性, 且纹饰还有次级结构。如绢蒿系的4个种(西北绢蒿、东北蛔蒿、卡拉套绢蒿、伊犁绢蒿)均为接近搓板状的纵条纹纹饰; 新疆绢蒿系的2个种(新疆绢蒿、伊塞克绢蒿)均为脑波状纹饰; 沙漠绢蒿系的沙漠绢蒿种子表面纹饰具有典型的线状次级结构; 准噶尔绢蒿系的针裂叶绢蒿和小针裂叶绢蒿均为棱状纹饰; 高山绢蒿系的博洛塔绢蒿为长卵石状隆起纹饰(图版 II-L)等。由此可知, 种子表面纹饰可作为区分不同系的分类特征。

在绢蒿组中, 少数属于不同系的绢蒿属植物种子表面纹饰相似, 如纤细绢蒿系的纤细绢蒿种子表面纹饰与绢蒿系非常相似, 说明二者在长期的进化和适应过程中, 具有较近的亲缘关系和相似的生态地理分布。

由于绢蒿组中的一些系为单种系(沙漠绢蒿系)或寡种系(准噶尔绢蒿系), 所以种子微形态特征, 特别是纹饰类型, 也具有区分不同种的分类学意义。

由本研究可知, 绢蒿属植物种子微形态特征既有一致性, 又表现出形态、表面纹饰等特征的多样性, 这为绢蒿属的系统分类提供了较丰富的信息。

对绢蒿属植物进行科学、系统地分类是一项复杂的工作, 仅凭单方面的证据还远远不够, 对此仍需进一步的深入研究。

[参考文献]

- [1] 林有润. 中国植物志: 76卷, 第2分册[M]. 北京: 科学出版社, 1991: 256-289.
- [2] 林有润. 旧大陆的绢蒿属植物[J]. 植物研究, 1991, 11(4): 1-40.
- [3] Gunn C R. Seed topography in Fagaceae[J]. Seed Sci & Tech-

- no1, 1981(9): 737-757.
- [4] Barthlott W, Volt G. Epidermal and seed surface characters of plants: systematic applicability and some evolutionary aspects[J]. Nord J Bot, 1981, 1(3): 245-355
- [5] Chuang T I, Heckard L R. Seed coat morphology in *Cordylanthus* (Scrophulariaceae) and its taxonomic significance[J]. Amer J Bot, 1972, 59(2): 258-265
- [6] Crow G E. The systematic significance of seed morphological in *Sagina* (Caryophyllaceae) under SEM [J]. Brittonia, 1979, 31(1): 52-63
- [7] Xu F X. Sclerotesta morphology and its systematic implications in magnoliaceous seeds[J]. Botanical Journal of the Linnean Society, 2003, 142(4): 407-424
- [8] Zeng C L, Wang J B, Liu A H, et al. Seed coat microsculpturing changes during seed development in diploid and amphidiploid *Brassic* species[J]. Annals of Botany, 2004, 93(5): 555-566
- [9] Maroder H, Prego I, Maldonado S. Histochemical and ultrastructural studies on *Salix alba* and *S. matsudana* seeds[J]. Trees: Structure and Function, 2003, 17(3): 193-199
- [10] 马 骥, 李俊祯, 孔 红. 我国沙区 6 种蒿属植物的种子微形态特征[J]. 中国沙漠, 2002, 22(6): 586-590
- [11] 李雪华, 刘志民, 蒋德明, 等. 七种蒿属植物种子重量形状及萌发特性的比较研究[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 57-60
- [12] 马 骥, 李俊祯, 晁 志, 等. 64 种荒漠植物种子微形态的研究[J]. 浙江师范大学学报, 2003, 26(2): 109-115
- [13] 马 骥, 李新荣, 李俊祯, 等. 西北荒漠区 6 种珍稀濒危植物的种子微形态特征[J]. 中国沙漠, 2005, 25(3): 275-280

(上接第 216 页)

[参考文献]

- [1] 任 毅. 秦岭大熊猫栖息地植物[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998
- [2] 任 毅, 杨兴中, 王学杰, 等. 长青国家级自然保护区动植物资源[M]. 西安: 西北大学出版社, 2002
- [3] 李占刚, 党坤良, 李登武. 陕西天华山自然保护区综合科学考察与研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2005
- [4] 刘诗峰, 张 坚. 佛坪自然保护区生物多样性研究与保护[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2003
- [5] 陕西省林业厅. 太白山自然保护区综合考察论文集[C]. 西安: 陕西师范大学出版社, 1989
- [6] 狄维忠, 于兆英. 陕西省第一批国家重点保护植物[M]. 西安: 西北大学出版社, 1989
- [7] 应俊生. 秦岭植物区系的性质、特点和起源[J]. 植物分类学报, 1994, 32(5): 389-410
- [8] 刘静艳, 张宏达. 陕西种子植物区系地理初步研究[J]. 广西植物, 1998, 18(1): 11-18
- [9] 王玛丽, 任 毅. 佛坪自然保护区蕨类植物地理分布和区系分析[J]. 西北大学学报: 自然科学版, 1998, 28(1): 57-59
- [10] 李景侠, 张文辉, 杨赵杰. 陕西地方重点保护植物及保护对策[J]. 西北林学院学报, 1999, 14(3): 6-12
- [11] 张文辉, 许晓波, 周建云, 等. 濒危植物秦岭冷杉地理分布和生物生态学特性研究[J]. 生物多样性, 2004, 12(4): 419-426
- [12] 李登武, 党坤良, 康永祥. 西北地区木本植物区系多样性研究[J]. 植物研究, 2005, 25(1): 89-98
- [13] 王诚吉, 李登武, 党坤良. 陕西天华山自然保护区苔藓植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(12): 2472-2476
- [14] 王诚吉, 李登武, 党坤良. 陕西天华山自然保护区蕨类植物区系研究[J]. 西北植物学报, 2006, 26(3): 592-598
- [15] 吴征镒, 王荷生. 中国自然地理——植物地理(上册)[M]. 北京: 科学出版社, 1983
- [16] 吴征镒. 中国种子植物属的分布区类型[J]. 云南植物研究, 1991(增刊IV): 1-139