

中国绣线菊属植物种子形态及其分类学意义

江丹丹, 周晶, 常朝阳*

(西北农林科技大学生命科学学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 利用光学显微镜和扫描电镜对中国 25 种 4 变种绣线菊属 (*Spiraea* L.) 植物的种子形态特征进行了研究。结果显示, 绣线菊属植物种子外观上呈窄线形至椭圆形, 表面有光泽和条纹, 种子颜色为红棕色至深褐色; 种皮纹饰可分为网纹、复网纹、负网纹和链状网纹 4 种类型。种子按长宽比的划分方法在一定程度上支持该属传统的组下系的划分; 种皮纹饰在种间具有明显的差异, 可作为中国绣线菊属植物种的分类依据。本研究为绣线菊属的分类及系统学研究提供了种子形态及种皮微观形态方面的新资料, 对进一步完善该属属下分类具有借鉴意义。

关键词: 绣线菊属; 种子形态; 分类学

中图分类号: Q949.751.8

文献标识码: A

文章编号: 2095-0837(2015)05-0579-16

Seed Morphology and Its Taxonomic Significance of *Spiraea* L. in China

JIANG Dan-Dan, ZHOU Jing, CHANG Zhao-Yang*

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

Abstract: The seed morphology of 29 taxa (including 25 species and 4 varieties) from *Spiraea* L. in China was studied using light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM). Results showed that seeds of *Spiraea* were narrowly linear to elliptic in shape, with testa lustrous and striate, reddish brown to dark brown in color. Ornamentation of seed coat was ascribed into four types, reticulate, double reticulate, areolate and chainlike reticulate. The ratio of seed length to width (L/W) supported the traditional division of the subgroups in this genus. Seed surface sculpture may have definite systematic importance in the taxonomy of *Spiraea* species.

Key words: *Spiraea*; Seed morphology; Taxonomy

绣线菊属 (*Spiraea* L.) 隶属于蔷薇科 (Rosaceae) 绣线菊亚科 (*Spiraeoideae*) , 共有 100 余种, 分布于北半球温带至亚热带山区, 中国有 70 种^[1]。该属植物多数具有耐寒性, 花色洁白淡雅或呈粉红色而秀丽端庄, 叶形雅致, 是庭园常见的栽培观赏灌木。种子作为植物主要的繁殖器官, 其形态特征相对稳定, 能很好地反映不同种类在遗传和系统发育上的差异, 为绣线菊属种类的划分和探讨各种间的亲缘关系提供较为可靠的依据^[2]。许多学者利用种子的形态特征进行不同类群间的分类

学研究^[3-9], 对解决类群间的分类学问题及其系统学研究提供了借鉴。Amin 等曾对蔷薇科 4 亚科代表种的种子及瘦果进行了形态学研究, 但其结果不支持传统的属以上分类, 尤其是对蔷薇亚科和绣线菊亚科的分类^[10]。在绣线菊属内, 他们仅对产自欧洲 (意大利) 的 6 个种的种子形态进行了研究, 并没有利用种子的形态特征对属下分类进行探讨。本文拟对中国 25 种 4 变种绣线菊属植物种子的外部形态和微形态特征进行研究, 旨在丰富和完善绣线菊属植物的形态学资料, 为探讨该属植物的分类

收稿日期: 2015-05-30, 退修日期: 2015-07-15。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30870155)。

作者简介: 江丹丹 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向为植物系统分类学 (E-mail: jiangdanchoi@qq.com)。

* 通讯作者 (Author for correspondence. E-mail: czybgb@nwsuaf.edu.cn)。

提供种子形态及种皮微观形态方面的依据。

1 材料与方法

1.1 研究材料

绣线菊属植物种子均取自腊叶标本，共25种4变种。凭证标本存放于西北农林科技大学标本馆(WUK)。材料来源详见表1。

1.2 研究方法

1.2.1 种子外部形态观察

选取发育良好的成熟种子，在解剖镜下观察种子形状和颜色，测量其长度和宽度(单位：mm)。每个物种取10粒种子进行测量，计算平均值和标准偏差值。种子大小以长×宽表示。

1.2.2 种皮微观形态观察

直接将干燥的种子置于贴有双面胶的样品台上，喷金镀膜后在S-3400N扫描电镜下观察种子表面纹饰并照相，电压15 kV。种子形态描述术语参考刘长江等^[11]的方法。

2 观察结果

2.1 种子外部形态

光学显微镜下观察到绣线菊属成熟种子的颜色为红棕色至深褐色，表面有光泽和条纹，根据种子的长宽比，将种子形状分为4类：(1)椭圆形，种子的长宽比介于3:1到5:1之间，如长芽绣线菊(图版II:7)；(2)窄椭圆形，种子的长宽比介于5:1到6:1之间，如华北绣线菊(图版I:10)；(3)线形，种子的长宽比介于6:1到7:1之间，如乌拉绣线菊(图版II:16)；(4)窄线形，种子的长宽比大于7:1，如陕西绣线菊(图版I:16)。

绣线菊属种子大小不均，长1.01~2.69 mm、宽0.21~0.37 mm。种子最大的为毛果绣线菊(图版II:13)，大小为(2.70±0.13) mm×(0.36±0.03) mm；最小的为渐尖绣线菊(图版I:7)，大小为(1.01±0.07) mm×(0.21±0.02) mm。25种4变种绣线菊属植物的种子形态特征详见表2。

扫描电镜下绣线菊属植物25种4变种的种子两端特征差异显著，大致可划分为7个类型：(1)基部长柄状，先端圆钝或微凹，如柳叶绣线菊(图版I:1)、乌拉绣线菊(图版II:16)；(2)基部长柄状，先端渐尖或尖，如美丽绣线菊(图版IV:

4)、高山绣线菊(图版IV:7)；(3)基部短柄状，先端渐尖或尖，如鄂西绣线菊(图版II:1)、绣球绣线菊(图版III:4)；(4)基部短柄状，先端圆钝或微凹，如光叶绣线菊(图版I:4)、渐尖绣线菊(图版I:7)、翠蓝茶(图版II:4)；(5)基部呈碟状，先端渐尖或尖，如华北绣线菊(图版I:10)、南川绣线菊(图版II:10)；(6)基部向一侧延伸，与种子中部无明显界限，先端渐尖或尖，如陕西绣线菊(图版I:16)、曲萼绣线菊(图版IV:16)、毛枝蒙古绣线菊(图版V:7)；(7)基部向一侧延伸，与种子中部无明显界限，先端圆钝或微凹，如中华绣线菊(图版III:10)、石蚕叶绣线菊(图版V:1)。

2.2 种皮微观形态

扫描电镜下绣线菊属植物种皮细胞呈等径的多边形或不规则长方形，垂周壁平直或稍弯曲，平周壁大多下陷，仅中华绣线菊的平周壁向外隆起(图版III:12)。根据种皮纹饰的不同将绣线菊属植物划分为网纹型、复网纹型、负网纹型和链状网纹型4大类型，结合网眼的底部特征再进一步划分为若干亚类型。

2.2.1 网纹型

纹饰呈简单网状，网纹只有一层。大多数种类属于此类型，如柳叶绣线菊、陕西绣线菊、乌拉绣线菊、三裂绣线菊、毛花绣线菊、高山绣线菊、金丝桃叶绣线菊等17种。根据网眼的底部特征，又可分为：深穴状亚型、光滑亚型、条纹状突起亚型、颗粒状突起亚型、褶皱状突起亚型5个亚型。

(1)深穴状亚型：网眼底部凹陷呈深穴状。柳叶绣线菊(图版I:3)、三裂绣线菊(图版III:3)、绣球绣线菊(图版III:6)、疏毛绣线菊(图版III:9)属此亚型。

(2)光滑亚型：网眼底部光滑。鄂西绣线菊(图版II:3)、毛果绣线菊(图版II:15)、乌拉绣线菊(图版II:18)、浅裂绣线菊(图版III:3)、美丽绣线菊(图版IV:6)、曲萼绣线菊(图版IV:18)、石蚕叶绣线菊(图版V:3)属此亚型。

(3)条纹状突起亚型：网眼底部稍微凹陷，有条纹状突起。陕西绣线菊(图版I:18)、长芽绣线菊(图版II:9)、毛花绣线菊(图版III:15)、金丝桃叶绣线菊(图版V:15)属此亚型。

表1 绣线菊属25种4变种植物材料来源
Table 1 Sources of 25 species and 4 varieties of *Spiraea* L.

编号 Codes	种名 Species	采集地 Locality	凭证标本 Voucher
圆锥花序组 Sect. <i>Spiraea</i> Ser.			
1	柳叶绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i> L.	黑龙江哈尔滨 Harbin, Heilongjiang	王光正 157 G.Z. Wang 157
复伞房花序组 Sect. <i>Calospira</i> K. Koch			
2	光叶绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>fortunei</i> (Planch.) Rehd.	湖北房县 Fangxian, Hubei	邢吉庆 17908 J.Q. Xing 17908
3	渐尖绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>acuminata</i> Franch.	四川昭化 Zhaohua, Sichuan	魏志平 3702 Z.P. Wei 3702
4	华北绣线菊 <i>S. fritschiana</i> Schneid.	河南卢氏 Lushi, Henan	付竞秋 878 J.Q. Fu 878
5	大叶华北绣线菊 <i>S. fritschiana</i> var. <i>angulata</i> (Fritsch ex Schneid.) Rehd.	湖北均县 Junxian, Hubei	邢吉庆 12967 J.Q. Xing 12967
6	陕西绣线菊 <i>S. wilsonii</i> Duthie.	陕西户县 Huxian, Shaanxi	郭本兆 131 B.Z. Guo 131
7	鄂西绣线菊 <i>S. veitchii</i> Hemsl.	陕西安康 Ankang, Shaanxi	李培元 3151 P.Y. Li 3151
8	翠蓝茶 <i>S. henryi</i> Hemsl.	湖北秭归 Zigui, Hubei	王作宾 11799 T.P. Wang 11799
9	长芽绣线菊 <i>S. longigemmis</i> Maxim.	陕西太白山 Taibai Mt. Shaanxi	傅坤俊 9228 K.J. Fu 9228
10	南川绣线菊 <i>S. rosthornii</i> Pritz.	甘肃榆中 Yuzhong, Gansu	何叶琪 5952 Y.Q. He 5952
11	毛果绣线菊 <i>S. trichocarpa</i> Nakai	辽宁本溪 Benxi, Liaoning	王崇书 4339 C.S. Wang 4339
12	乌拉绣线菊 <i>S. uratensis</i> Franch.	陕西眉县 Meixian, Shaanxi	杨金祥等 3894 J.X. Yang et al. 3894
长伞花序组 Sect. <i>Chamaedryon</i> Ser.			
13	三裂绣线菊 <i>S. trilobata</i> L.	甘肃平凉 Pingliang, Gansu	黄河队 02118 The Yellow River Team 02118
14	绣球绣线菊 <i>S. blumei</i> G. Don	湖北均县 Junxian, Hubei	邢吉庆 10559 J.Q. Xing 10559
15	疏毛绣线菊 <i>S. hirsuta</i> (Hemsl.) Schneid.	湖北武当山 Wudang Mt., Hubei	邢吉庆 11944 J.Q. Xing 11944
16	中华绣线菊 <i>S. chinensis</i> Maxim.	安徽黄山 Huangshan, Anhui	刘慎谔, 钟补求 2807 T.N. Liou & P.C. Tsoong 2807
17	毛花绣线菊 <i>S. dasyantha</i> Bge.	北京西山 Xishan, Beijing	刘慎谔 1039 T.N. Liou 1039
18	华西绣线菊 <i>S. laeta</i> Rehd.	贵州赫章 Hezhang, Guizhou	禹平华 1343 P.H. Yu 1343
19	浅裂绣线菊 <i>S. sublobata</i> Hand. -Mazz.	四川石棉 Shimian, Sichuan	谢朝俊 40923 C.J. Xie 40923
20	美丽绣线菊 <i>S. elegans</i> Pojark.	内蒙古根河 Genhe, Neimonggu	刘慎谔 8928 T.N. Liou 8928
21	高山绣线菊 <i>S. alpina</i> Pall.	甘肃 Gansu	傅坤俊 1524 K.T. Fu 1524
22	细枝绣线菊 <i>S. myrtilloides</i> Rehd.	不详 Unknown	瓦西里耶夫 74 Vasilyev 74
23	绢毛绣线菊 <i>S. sericea</i> Turcz.	陕西石泉 Shiquan, Shaanxi	邢吉庆 254 J.Q. Xing 254
24	曲萼绣线菊 <i>S. flexuosa</i> Fisch. ex Cambess.	黑龙江尚志 Shangzhi, Heilongjiang	刘慎谔等 7323 T.N. Liou et al. 7323
25	石蚕叶绣线菊 <i>S. chamaedryfolia</i> L.	黑龙江勃利 Boli, Heilongjiang	张玉良 2152 Y.L. Zhang 2152
26	蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i> Maxim.	宁夏平罗 Pingluo, Ningxia	于兆英 688 Z.Y. Yu 688
27	毛枝蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i> var. <i>tomentulosa</i> T.T. Yu	甘肃榆中 Yuzhong, Gansu	黄河队 03394 The Yellow River Team 03394
28	毛叶绣线菊 <i>S. mollifolia</i> Rehd.	甘肃榆中 Yuzhong, Gansu	黄河队 03073 The Yellow River Team 03073
短伞花序组 Sect. <i>Glomerati</i> Nakai			
29	金丝桃叶绣线菊 <i>S. hypericifolia</i> L.	山西中阳 Zhongyang, Shanxi	黄河二队 1488 The Yellow River Second Team 1488

表2 绣线菊属25种4变种植物种子外部形态特征
Table 2 Seed morphological features of 25 species and 4 varieties in *Spiraea* L.

编号 Codes	分类群 Taxon	形状 Shape	干种子颜色 Color of dry seed	种子大小 (mm) Size (L × W)	长宽比 L/W ratio
圆锥花序组 Sect. <i>Spiraea</i> Ser.					
1	柳叶绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i>	窄线形 Narrowly linear	深棕色 Dark brown	2.13 ± 0.12 × 0.25 ± 0.07	8.64
复伞房花序组 Sect. <i>Calospira</i> K. Koch					
2	光叶绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>fortunei</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	褐色 Brown	1.40 ± 0.04 × 0.24 ± 0.02	5.80
3	渐尖绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>acuminata</i>	椭圆形 Elliptic	褐色 Brown	1.01 ± 0.07 × 0.21 ± 0.02	4.79
4	华北绣线菊 <i>S. fritschiana</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	褐色 Brown	1.61 ± 0.12 × 0.32 ± 0.04	5.03
5	大叶华北绣线菊 <i>S. fritschiana</i> var. <i>angulata</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	褐色 Brown	1.73 ± 0.08 × 0.31 ± 0.04	5.59
6	陕西绣线菊 <i>S. wilsonii</i>	窄线形 Narrowly linear	红褐色 Rufous	1.99 ± 0.12 × 0.27 ± 0.05	7.47
7	鄂西绣线菊 <i>S. veitchii</i>	窄线形 Narrowly linear	红棕色 Reddish brown	1.68 ± 0.18 × 0.23 ± 0.05	7.33
8	翠蓝茶 <i>S. henryi</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	红褐色 Rufous	1.59 ± 0.06 × 0.27 ± 0.04	5.80
9	长芽绣线菊 <i>S. longigemmis</i>	椭圆形 Elliptic	红棕色 Reddish brown	1.26 ± 0.05 × 0.28 ± 0.03	4.51
10	南川绣线菊 <i>S. rosthornii</i>	椭圆形 Elliptic	褐色 Brown	1.17 ± 0.06 × 0.25 ± 0.03	4.61
11	毛果绣线菊 <i>S. trichocarpa</i>	窄线形 Narrowly linear	褐色 Brown	2.70 ± 0.13 × 0.36 ± 0.03	7.56
12	乌拉绣线菊 <i>S. uratensis</i>	线形 Linear	褐色 Brown	2.37 ± 0.14 × 0.34 ± 0.03	6.98
长伞花序组 Sect. <i>Chamaedryon</i> Ser.					
13	三裂绣线菊 <i>S. trilobata</i>	椭圆形 Elliptic	褐色 Brown	1.29 ± 0.10 × 0.33 ± 0.03	3.88
14	绣球绣线菊 <i>S. blumei</i>	椭圆形 Elliptic	红褐色 Rufous	1.30 ± 0.07 × 0.29 ± 0.02	4.51
15	疏毛绣线菊 <i>S. hirsuta</i>	椭圆形 Elliptic	深褐色 Puce	1.37 ± 0.11 × 0.34 ± 0.04	4.07
16	中华绣线菊 <i>S. chinensis</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	褐色 Brown	1.67 ± 0.12 × 0.32 ± 0.07	5.28
17	毛花绣线菊 <i>S. dasyantha</i>	椭圆形 Elliptic	红褐色 Rufous	1.29 ± 0.09 × 0.27 ± 0.02	4.86
18	华西绣线菊 <i>S. laeta</i>	椭圆形 Elliptic	深褐色 Puce	1.44 ± 0.17 × 0.37 ± 0.05	3.87
19	浅裂绣线菊 <i>S. sublobata</i>	椭圆形 Elliptic	深褐色 Puce	1.31 ± 0.06 × 0.26 ± 0.03	4.96
20	美丽绣线菊 <i>S. elegans</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	红褐色 Rufous	1.42 ± 0.14 × 0.26 ± 0.03	5.40
21	高山绣线菊 <i>S. alpina</i>	窄线形 Narrowly linear	红棕色 Reddish brown	1.92 ± 0.10 × 0.22 ± 0.02	8.68
22	细枝绣线菊 <i>S. myrtilloides</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	红棕色 Reddish brown	1.73 ± 0.07 × 0.32 ± 0.03	5.38
23	绢毛绣线菊 <i>S. sericea</i>	窄椭圆形 Narrowly elliptic	红棕色 Reddish brown	1.29 ± 0.07 × 0.25 ± 0.06	5.23
24	曲萼绣线菊 <i>S. flexuosa</i>	窄线形 Narrowly linear	红褐色 Rufous	1.59 ± 0.12 × 0.23 ± 0.05	7.00
25	石蚕叶绣线菊 <i>S. chamaedryfolia</i>	窄线形 Narrowly linear	红褐色 Rufous	1.89 ± 0.25 × 0.27 ± 0.06	7.13
26	蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i>	窄线形 Narrowly linear	红棕色 Reddish brown	2.49 ± 0.18 × 0.29 ± 0.03	8.65
27	毛枝蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i> var. <i>tomentulosa</i>	窄线形 Narrowly linear	红棕色 Reddish brown	1.93 ± 0.24 × 0.27 ± 0.06	7.29
28	毛叶绣线菊 <i>S. mollifolia</i>	线形 Linear	红棕色 Reddish brown	1.98 ± 0.10 × 0.30 ± 0.03	6.67
短伞花序组 Sect. <i>Glomerati</i> Nakai					
29	金丝桃叶绣线菊 <i>S. hypericifolia</i>	线形 Linear	红棕色 Reddish brown	1.66 ± 0.10 × 0.25 ± 0.03	6.54

(4) 颗粒状突起亚型: 网眼底部有或多或少的颗粒状突起。华西绣线菊(图版Ⅲ: 18)属此亚型。

(5) 褶皱状突起亚型: 网眼底部有褶皱。高山绣线菊(图版Ⅳ: 9)属此亚型。

2.2.2 复网纹型

具双重网纹结构,在外层网纹下还可见到另一层网纹。属此类型的有8种2变种,如华北绣线菊、大叶华北绣线菊、翠蓝茶、毛叶绣线菊等。根据网眼的底部特征,又可分为:光滑亚型、条纹状突起亚型、颗粒状突起亚型、褶皱状突起4个亚型,其中,翠蓝茶(图版Ⅱ: 6)、南川绣线菊(图版Ⅱ: 12)、毛叶绣线菊(图版Ⅴ: 12)、蒙古绣线菊(图版Ⅴ: 6)、毛枝蒙古绣线菊(图版Ⅴ: 9)属光滑亚型;华北绣线菊(图版Ⅰ: 12)和大叶华北绣线菊(图版Ⅰ: 15)属条纹状突起亚型;光叶绣线菊(图版Ⅰ: 6)和渐尖绣线菊(图版Ⅰ: 9)属颗粒状突起亚型;细枝绣线菊(图版Ⅳ: 12)属褶皱状突起亚型。

2.2.3 负网纹型

该类型网壁下陷,网眼凸起。属此类型的仅中华绣线菊(图版Ⅲ: 12)1种。

2.2.4 链状网纹型

该类型的基本纹饰为网纹型,有部分网眼的网壁加厚呈有规则的链状排列。属此类型的仅绢毛绣线菊(图版Ⅳ: 15)1种。

绣线菊属25种4变种植物的种皮微观形态特征详见表3。

3 讨论

3.1 关于绣线菊属种子及种皮形态的变异式样

从外部形态特征来看,绣线菊属的种子呈椭圆形、窄椭圆形、线形或窄线形,与前人观察结果一致,而与其他几个亚科的类群有差异^[10]。种皮微观形态除部分种类细胞为近似长方形外,大多数为等径的多边形。种皮的网纹状纹饰是种皮细胞平周壁下陷形成的,大多数种类为此类型,而中华绣线菊种皮细胞则呈平周壁隆起、垂周壁下陷,形成负网纹状;复网纹型则是因细胞垂周壁上有一些次生加厚而使网纹看似有上下两层(即一级纹饰网状,二级纹饰网状);链状网纹型是由于种皮某些区域相邻的细胞与其他细胞相比垂周壁明显加厚,并相

互扭结而形成。种皮纹饰网状结构的这些变异具有一定的系统学意义,如意大利产的 *Spiraea sargentiana* K. Koch, 其种皮纹饰即为负网纹型,可能与中华绣线菊关系密切。

3.2 种子及种皮形态在绣线菊属下组及系水平上的分类价值

从种子形态特征来看,绣线菊属植物种子按长宽比的划分方法在一定程度上支持绣线菊属传统的组下系的划分。如复伞房花序组中,属于粉花系的光叶绣线菊、渐尖绣线菊、华北绣线菊和大叶华北绣线菊的长宽比较接近(4.77~5.80);属于长芽系的长芽绣线菊和南川绣线菊的长宽比较接近(分别为4.51和4.61);属于楔叶系的毛果绣线菊和乌拉绣线菊的长宽比也较接近(为7.56和6.98);属于翠蓝茶系的陕西绣线菊和鄂西绣线菊的长宽比较相近(分别为7.47和7.38);但翠蓝茶除外,其长宽比为5.80,与粉花系的类群接近。进一步对翠蓝茶种皮纹饰的观察结果表明翠蓝茶和粉花系的种类一致,同为复网纹型,且网壁深浅、网眼大小和网脊宽窄也很近似,支持将翠蓝茶归入粉花系。另外,中华绣线菊种皮纹饰为负网纹型、绢毛绣线菊种皮纹饰为链状网纹型,与该属其他种的种皮纹饰差异较大,所处的系统位置还有待进一步研究。

从种子微观形态上看,绣线菊属4个组的种皮纹饰呈现出丰富的多样性,如圆锥花序组(Sect. *Spiraea*)的柳叶绣线菊,该种的种子在外部形态和种皮微观形态方面与其他种类都有明显差异,其种子颜色为深棕色,长宽比为8.64,种子基部为细长的柄状,网眼凹陷成深穴状,网眼较大且不一致,这些特征可与其他组的种类相区别;复伞房花序组(Sect. *Calospira*)包括网纹型和复网纹型2种纹饰类型,且包括了颗粒状突起亚型、条纹状突起亚型和光滑亚型3种亚型;长伞花序组(Sect. *Chamaedryon*)包括4种不同的纹饰类型,而且在该组中高山绣线菊、细枝绣线菊、蒙古绣线菊、毛枝蒙古绣线菊、毛叶绣线菊的种皮细胞近矩形,与其他种类具等径的多边形形态特征明显不同;另外,除圆锥花序组中的柳叶绣线菊为深穴状亚型外,其他深穴状亚型均分布于长伞花序组中。Potter等^[12]用分子系统学方法对以花序类型为基础划分的绣线菊属下组间关系进行了探讨,认为花序类

表 3 绣线菊属 25 种 4 变种植物和皮微观形态特征
Table 3 Seed micro-morphological features of 25 species and 4 varieties in *Spiraea* L.

编 号 Codes	分类群 Taxon	种皮纹 饰类型 Type of seed-coat sculpture	表皮细胞 结合程度 Binding degree of epidermal cells	网壁深浅 程度 Depth of lines	网眼特点 Characteristics of lumina		网脊特点 Characteristics of ridge	图版 Plate
					底部特点 Characteristics of bottom	大小 Size		
圆锥花序组 Sect. <i>Spiraea</i> Ser.								
1	柳叶绣线菊 <i>Spiraea salicifolia</i>	网状型 Reticulate	较紧密，细胞界 限清晰 Relatively close, with cell border conspicuous	深 Deep	凹陷呈深穴状 Depression into a deep cave	不一致 Inconsistent	不规则的多边形 Irregular polygon	Narrow, convex obviously, smooth I : 1 ~ 3
复伞房花序组 Sect. <i>Calospira</i> K. Koch								
2	光叶绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>fortunei</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密，细胞界限 不清 Close, with cell border inconspicuous	上层：较深 下层： Super stratum: relatively deep Substratum: deep	凹凸不平， 有颗粒状突起 Concave-convex, granulate	上层：不一致，较大 下层：一致，较大 Superstratum: inconsistent Substratum: consistent, big	上层：较规则的 多边形 Superstratum: regular polygon Substratum: orthogon	上层：宽，凸起较明显 且光滑 下层：宽，凸起较明显 且有颗粒状突起 Superstratum: wide, convex relatively obviously, smooth Substratum: wide, convex relatively obviously, granulate I : 4 ~ 6
3	浙东绣线菊 <i>S. japonica</i> var. <i>acuminata</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密，细胞界限 不清 Close, with cell border inconspicuous	上层：较深 下层： Super stratum: relatively deep Substratum: relatively deep	凹凸不平，光滑 偶有颗粒状突起 Concave-convex, smooth, occasionally granulate	上层：不一致，较大 下层：一致，较大 Superstratum: inconsistent Substratum: consistent, big	上下层均为不规 则的多边形 Superstratum: irregular polygon Substratum: irregular polygon	上层：宽，凸起较明显 且光滑 下层：宽，凸起较明显 且有颗粒状突起 Superstratum: wide, convex relatively obviously, smooth Substratum: wide, convex relatively obviously, granulate I : 7 ~ 9
4	华北绣线菊 <i>S. fritschiana</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密，细胞界限 不清 Close, with cell border inconspicuous	上层：较深 下层： Superstratum: relatively deep Substratum: shallow	稍凹陷，有条纹 状突起 Depression slightly, fine striate	上层：较一致 下层： Superstratum: relatively consistent Substratum: relatively consistent	上下层均为较规 则的六边形 Superstratum: regular hexagon Substratum: regular hexagon	上层：宽，凸起较明显 且光滑，部分网脊 未完全愈合 下层：宽，凸起较明显 且有颗粒状突起 Superstratum: wide, convex relatively obviously, smooth, with part of the ridge healed incompletely Substratum: wide, convex relatively obviously, granulate I : 10 ~ 12

续表3

编号 Codes	分类群 Taxon	种皮纹饰类型 Type of seed-coat sculpture	表皮细胞结合程度 Binding degree of epidermal cells	网壁深浅程度 Depth of lines	网眼特点 Characteristics of bottom		网眼特点 Characteristics of lumina		网着特点 Characteristics of ridge	图版 Plate
					底部特点 Characteristics of bottom	大小 Size	形状 Shape	网着特点 Characteristics of lumina		
5	大叶华北绣线菊 <i>S. trifolia var. angulata</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密, 细胞界限不清, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	上层: 深 下层: 浅 Superstratum: Substratum:	凹陷明显, 有条纹状突起 Depression obviously, fine striate	上层: 不一致 下层: 不一致 Superstratum: Inconsistent Substratum: Inconsistent	上层: 不规则的多边形 下层: 不规则的多边形 Superstratum: wide, convex relatively obviously, smooth Substratum: wide, convex relatively obviously, granulate	上层: 宽, 凸起较明显且光滑 下层: 宽, 凸起较明显且有颗粒状突起 Superstratum: wide, convex relatively obviously, smooth Substratum: wide, convex relatively obviously, granulate	I: 13~15	
6	陕西绣线菊 <i>S. wilsonii</i>	网纹型 Reticulate	紧密, 细胞界限不清, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	较深 Relatively deep	稍凹陷, 有条纹状突起 Depression slightly, fine striate	较一致 Relatively consistent	近矩形 Nearly orthogonal	窄, 凸起较明显且光滑 Wide, convex relatively obviously, smooth	I: 16~18	
7	鄂西绣线菊 <i>S. veitchii</i>	网纹型 Reticulate	不紧密, 细胞界限清晰, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	深 Deep	凹陷明显, 光滑 Depression obviously, smooth	较一致 Relatively consistent	近矩形 Nearly orthogonal	窄, 凸起明显且光滑 Narrow, convex obviously, smooth	II: 1~3	
8	翠蓝茶 <i>S. henryi</i>	复网纹型 Double-reticulate	较紧密, 细胞界限清晰, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	上层: 深 下层: 较深 Superstratum: Substratum:	凹凸不平, 光滑 Concave-convex, smooth	上层: 不一致 下层: 一致 Superstratum: Inconsistent Substratum: consistent, big	上层: 近矩形 下层: 矩形 Superstratum: nearly orthogonal Substratum: orthogn	上层: 宽, 凸起较明显且光滑 下层: 宽, 凸起较明显且光滑 Superstratum: narrow, convex obviously, smooth Substratum: wide, convex relatively obviously, smooth	II: 4~6	
9	长芽绣线菊 <i>S. longigemmis</i>	网纹型 Reticulate	较紧密, 细胞界限清晰, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	较深 Relatively deep	稍凹陷, 有条纹状突起 Depression slightly, with fine stripes	较小 Small	不规则的多边形 Irregular polygon	宽, 凸起较明显且光滑 Wide, convex relatively obviously, smooth	II: 7~9	
10	南川绣线菊 <i>S. rosthornii</i>	复网纹型 Double-reticulate	较紧密, 细胞界限清晰, 与细胞界线不一致, 有细胞壁, 不明显	上层: 深 下层: 浅 Superstratum: Substratum:	凹凸不平, 光滑 Concave-convex, smooth	上层: 较小 下层: 较大 Superstratum: small Substratum: big	上层: 宽, 凸起较明显且光滑 下层: 宽, 凸起不明显 Superstratum: wide, convex obviously, smooth Substratum: irregular polygon	上层: 宽, 凸起较明显且光滑 下层: 宽, 凸起不明显 Superstratum: wide, convex obviously, smooth Substratum: convex unobvious, smooth	II: 10~12	

续表 3

编号 Codes	分类群 Taxon	种皮纹饰类型 Type of seed-coat sculpture	表皮细胞结合程度 Binding degree of epidermal cells	网壁深浅程度 Depth of lines	网眼特点 Characteristics of lumina		网着特点 Characteristics of ridge	图版 Plate
					底部特点 Characteristics of bottom	大小 Size	形状 Shape	
11	毛果绣线菊 <i>S. trichocarpa</i>	网纹型 Reticulate	较紧密，细胞界限不清晰 Relatively close, with cell border inconspicuous	深 Deep	凹凸不平，光滑 Concave-convex, smooth	较一致 Relatively consistent	不规则的多边形 Irregular polygon	宽，凸起明显且光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex obviously, smooth, with part of the ridge healed incompletely II : 13 ~ 15
12	乌拉绣线菊 <i>S. uratensis</i>	网纹型 Reticulate	紧密，细胞界限不清晰 Close, with cell border inconspicuous	深 Deep	凹凸不平，光滑 Concave-convex, smooth	较一致 Relatively consistent	不规则的多边形 Irregular polygon	宽，凸起明显且光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex obviously, smooth II : 16 ~ 18
长伞花序组 Sect. Chamaedyyon Ser.								
13	三裂绣线菊 <i>S. trilobata</i>	网纹型 Reticulate	呈蜂窝状，较紧密，细胞界限清晰 Honeycombed and relatively close, with cell border conspicuous	深 Deep	不凹陷或凹陷成深穴状 No depression or depression into a deep cave	较小 Small	近圆形 Nearly round	宽，凸起较明显且光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex relatively obviously, smooth, with part of the ridge healed incompletely III : 1 ~ 3
14	绣球绣线菊 <i>S. blumei</i>	网纹型 Reticulate	较紧密，细胞界限不清晰 Relatively close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凸起或凹陷成深穴状 Convex or depression into a deep cave	较小 Small	不规则的多边形 Irregular polygon	宽，凸起较明显且光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex relatively obviously, smooth, with part of the ridge healed incompletely III : 4 ~ 6
15	疏毛绣线菊 <i>S. hirsuta</i>	网纹型 Reticulate	较紧密，细胞界限不清晰 Relatively close, with cell border inconspicuous	深 Deep	凹陷成深穴状 Depression into a deep cave	较小 Small	近圆形 Nearly round	宽，凸起明显且光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex obviously, smooth, with part of the ridge healed incompletely III : 7 ~ 9
16	中华绣线菊 <i>S. chinensis</i>	负网纹型 Areolate	较紧密，细胞界限不清晰 Relatively close, with cell border inconspicuous	呈凹下的沟 Concave-groove	凸起，光滑 Convex, smooth	不一致 Inconsistent	不规则 Irregular	— III : 10 ~ 12
17	毛花绣线菊 <i>S. dasycantha</i>	网纹型 Reticulate	紧密，细胞界限不清晰 Close, with cell border inconspicuous	浅 Shallow	稍凹陷或突出，有少许条纹状突起 Depression slightly, with few fine stripes	较小 Small	较规则的多边形 Regular polygon	宽，凸起不明显，光滑，部分网脊未完全愈合 Wide, convex unobvious, smooth, with part of the ridge healed incompletely III : 13 ~ 15

续表3

编号 Codes	分类群 Taxon	种皮纹饰类型 Type of seed-coat sculpture	表皮细胞结合程度 Binding degree of epidermal cells	网壁深浅程度 Depth of lines	网眼特点 Characteristics of lumina		网着特点 Characteristics of ridge	图版 Plate
					底部特点 Characteristics of bottom	大小 Size	形状 Shape	
18	华西绣线菊 <i>S. laeta</i>	网纹型 Feticulate	较紧密, 细胞界 限较清晰 Relatively close, with cell border relatively conspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显, 光滑 偶有颗粒状突起 Depression obvi- ously, smooth, occasionally granular	较小 Small	近圆形 Nearly round	宽, 凸起明显且光滑 Wide, convex obviously, smooth III: 16~18
19	浅裂绣线菊 <i>S. sublobata</i>	网纹型 Feticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显, 光滑 Depression obvi- ously, smooth	较小 Small	近圆形 Nearly round	宽, 凸起明显且光滑, 部分网脊未完全愈合 Wide, convex obvi- ously, smooth, with part of the ridge healed incompletely IV: 1~3
20	美丽绣线菊 <i>S. elegans</i>	网纹型 Feticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显, 光滑 Depression obvi- ously, smooth	较小 Small	较规则的多边形 Regular polygon	宽, 凸起较明显且光滑 Wide, convex relatively obviously, smooth IV: 4~6
21	高山绣线菊 <i>S. alpina</i>	网纹型 Feticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	深 Deep	凹陷明显, 有 皱褶 Depression obviously, crenulate	一致 Relatively consistent	矩形 Orthogon	窄, 凸起明显且光滑, 部分网脊未完全愈合 Narrow, convex obvi- ously, smooth, with part of the ridge healed incompletely IV: 7~9
22	细枝绣线菊 <i>S. myrtilloides</i>	复网纹型 Double-freticulate	较紧密, 细胞界 限较清晰 Relatively close, with cell border relatively conspicuous	上层: 深 下层: 浅 Superstratum: deep Substratum: shallow	凹陷明显, 有 皱褶 Depression obviously, crenulate	上层: 不一致 下层: 一致, 较大 Superstratum: inconsistent Substratum: consistent, big	上层: 近矩形 Substratum: nearly orthogonal Substratum: orthogonal 下层: 矩形 Substratum: nearly orthogonal Substratum: orthogonal	宽, 凸起不明显, 光滑 Wide, convex unobviously, smooth IV: 10~12
23	锯齿绣线菊 <i>S. sericea</i>	链状网纹型 Chainlike-freticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显, 光滑 Depression obviously, smooth	一致 Relatively consistent	不规则的多边形 Irregular polygon	宽, 光滑 Wide, smooth IV: 13~15
24	曲萼绣线菊 <i>S. flexuosa</i>	网纹型 Feticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	稍凹陷, 不平, 光滑 Depression slightly, uneven, smooth	较小 Small	较规则的多边形 Regular polygon	宽, 光滑 Wide, smooth IV: 16~18
25	石蚕叶绣线菊 <i>S. chamae-dryfolia</i>	网纹型 Feticulate	紧密, 细胞界限 不清晰 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显, 不 平, 光滑 Depression obviously, uneven, smooth	较小 Small	不规则的多边形 Irregular polygon	宽, 凸起明显且光滑, 部分网脊未完全愈合 Wide, convex obvi- ously, smooth, with part of the ridge healed incompletely V: 1~3

续表3

编号 Codes	分类群 Taxon	种皮纹饰类型 Type of seed-coat sculpture	表皮细胞结合程度 Binding degree of epidermal cells	网壁深浅程度 Depth of lines	网眼特点 Characteristics of bottom		网眼特点 Characteristics of lumina		网着特点 Characteristics of ridge	图版 Plate
					底部特点 Characteristics of bottom	大小 Size	形状 Shape	网眼特点 Characteristics of lumina		
26	蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i>	复网纹型 Double-reticulate	较紧密，细胞界 限较清晰 Relatively close, with cell border relatively conspicuous	上层：深 下层： Superstratum: deep Substratum: shallow	凹陷明显，平滑 Depression ob- viously, smooth	上层：不一致 下层： Superstratum: inconsistent Substratum: inconsistent	上层：窄，凸起明显 且光滑 下层：窄，凸起明显 且光滑	Superstratum: narrow, convex obviously, smooth Substratum: narrow, convex obviously, smooth	V : 4 ~ 6	
27	毛枝蒙古绣线菊 <i>S. mongolica</i> var. <i>tomentosa</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密，细胞界限 不清，与细胞 边界 Close, with cell border inconspicuous	上层：深 下层： Superstratum: deep Substratum: relatively deep	凹陷明显，平滑 Depression ob- viously, smooth	上层：不一致 下层：一致，较大 Superstratum: inconsistent Substratum: consistent, big	上层：窄，凸出明显 且光滑 下层：宽，凸起明显 且光滑	Superstratum: narrow, convex obviously, smooth Substratum: wide, convex obviously, smooth	V : 7 ~ 9	
28	毛叶绣线菊 <i>S. mollifolia</i>	复网纹型 Double-reticulate	紧密，细胞界限 不清，与细胞 边界 Close, with cell border inconspicuous	上层：深 下层： Superstratum: deep Substratum: shallow	凹陷明显，光滑 Depression ob- viously, smooth	上层：不一致 下层： Superstratum: inconsistent Substratum: inconsistent	上层：窄，凸出明显 且光滑 下层：光滑	Superstratum: narrow, convex obviously, smooth Substratum: orthogon	V : 10 ~ 12	
	短伞花序组 Sect. <i>Glomerati</i> Nakai									
29	金丝桃叶绣线菊 <i>S. hypericifolia</i>	网纹型 Reticulate	紧密，细胞界限 不清，与细胞 边界 Close, with cell border inconspicuous	较深 Relatively deep	凹陷明显，有细 小条纹状突起 Depression ob- viously, with fine stripes	不一致 Inconsistent	近矩形 Nearly orthogonal	部分网脊未完全愈合 Narrow, convex obvi- ously, smooth, with part of the ridge healed incompletely	V : 13 ~ 15	

型虽然不是一个可靠的属内关系的指示性状，但也观察到组内类群间有一定的关联性，一些形态上相近的种类会聚在一起（如长伞花序组以及圆锥花序组中一些形态上相近的种类就聚在一起）。本研究结果与他们的分子系统学研究结果有一定的相似性，说明种皮微观形态特征对绣线菊属下组的划分具有一定作用。

3.3 种子及种皮形态在种水平上的分类意义

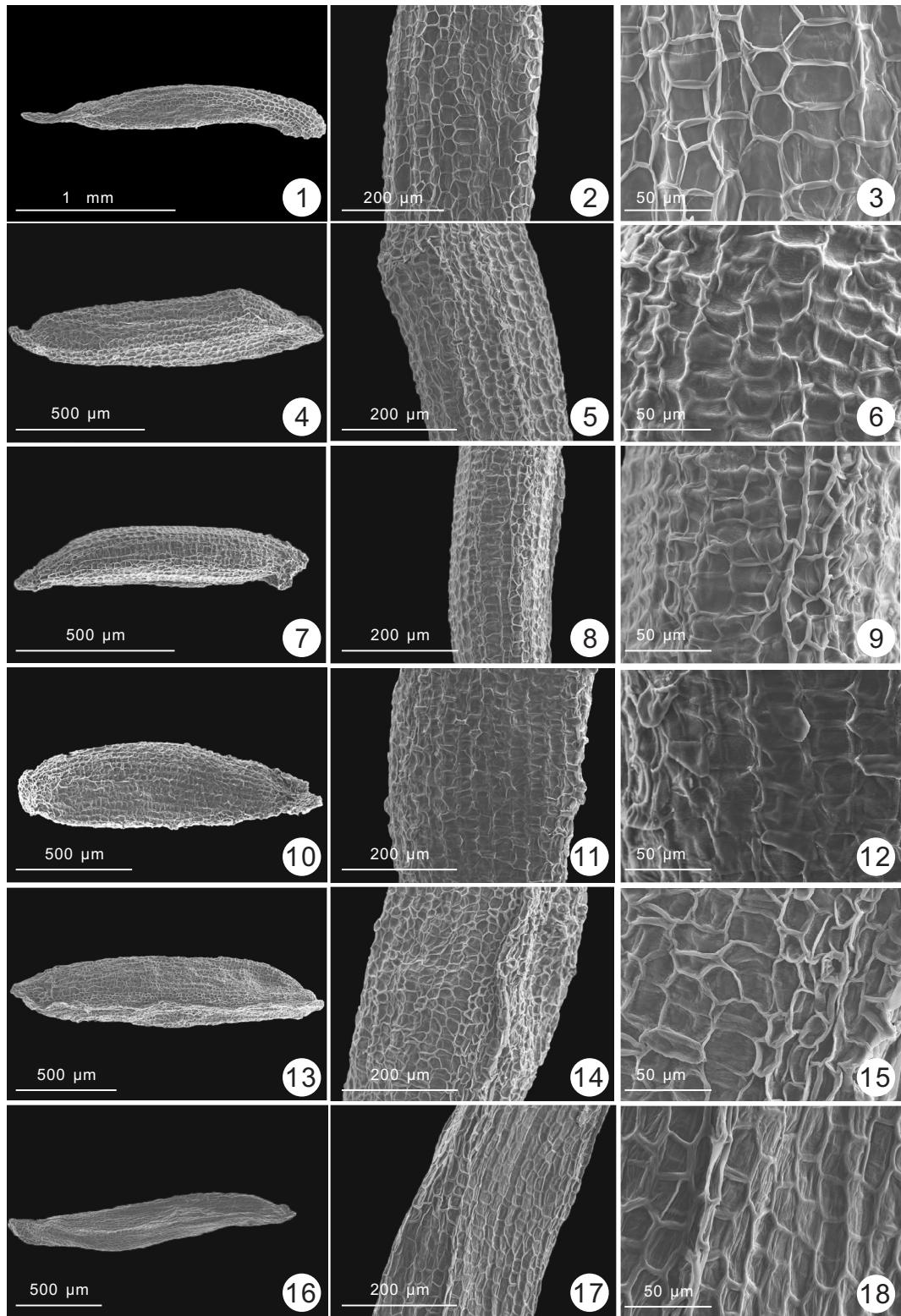
绣线菊属种皮纹饰在不同种间表现出较为明显的差异，主要体现在网壁深浅、网眼大小、网眼形状、网眼底部突起类型及网脊特点等方面，可作为区分不同种类及种下分类群的依据；同时种子的长宽比对种的分类也具有一定意义。如对曲萼绣线菊和石蚕叶绣线菊的分类，不同学者有不同观点^[13-17]，本研究对种子形态的观察结果表明，二者种子颜色和形状一致，长宽比较接近（分别为7.00和7.13），种子两端的形态特征也较为相似，基部向一侧延伸，与种子中部无明显的界限，并且二者种皮纹饰都为网纹型-光滑亚型，在网壁深浅、网眼大小、网眼形状、网脊特点等方面也极其相似，因此支持根据花粉形态特征将曲萼绣线菊合并到石蚕叶绣线菊中的观点^[14]。另外，不同学者对蒙古绣线菊和毛枝蒙古绣线菊的分类处理也存在争论^[13, 15, 18, 19]，从我们观察到的种皮微形态特征来看，两者的种皮纹饰虽然都是复网纹型-光滑亚型，但蒙古绣线菊的外层网纹的网眼呈长方形、内层网纹不明显、网壁较深、网脊窄，而毛枝蒙古绣线菊的外层网纹的网眼近正方形、内层网纹明显、网壁较浅、网脊宽，因此将毛枝蒙古绣线菊作为蒙古绣线菊的变种较合理。

参考文献：

- [1] 陆玲娣. 中国薔薇科绣线菊亚科的演化、分布——兼述世界绣线菊亚科植物的分布[J]. 植物分类学报, 1996, 34(4): 361-375.
- [2] Barthlott W. Microstructural features of seed surfaces[M]// Heywood VH, Moor DM eds. Current Concepts in Plant Taxonomy. London, Orlando: Academic Press, 1984: 95-105.
- [3] Corner EJH. The Seeds of Dicotyledons: Vol. 1 [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1976: 228-231.
- [4] Ralph EB, Carol K. Seed morphology under SEM and light microscopy in Kansas *Juncus* (Juncaceae) [J]. *Brittonia*, 1986, 38(3): 201-209.
- [5] 郑纪庆, 孙稚颖, 李法曾. 中国独行菜属种皮微形态特征的研究[J]. 植物研究, 2006, 26(3): 291-296.
- [6] 李艳, 刘全儒, 陈旭波. 卫矛属冬青卫矛组种皮和假种皮微形态研究[J]. 武汉植物学研究, 2008, 26(4): 350-356.
- [7] 石祥刚, 李凯凯, 宋晓虹, 叶创兴. 桤属植物种子微形态特征及其系统学意义[J]. 植物科学学报, 2012, 30(2): 107-115.
- [8] 周卓, 陈光富, 张建文, 牛洋, 李志敏, 孙航. 蓝钟花属的种子形态学研究及其分类学意义[J]. 植物分类与资源学报, 2013, 35(3): 265-272.
- [9] Nasr MH, Kadry N, Abdel K. Systematic significance of seed morphology in the genus *Veronica* (Plantaginaceae), with special reference to the Egyptian taxa [J]. *J Syst Evol*, 2014, 52(2): 215-230.
- [10] Amin ED, Mohamed HA, Ehab AK, Abdel-Haleem MA, Halan HL. Studies on the Rosaceae I—Seed and/or achene macro and micromorphology [J]. *Pakistan J Biol Sci*, 2003, 6(20): 1778-1791.
- [11] 刘长江, 林祁, 贺建秀. 中国种子植物形态学研究方法和术语[J]. 西北植物学报, 2004, 24(1): 178-188.
- [12] Potter D, Still SM, Grebenc T, Ballian D, Božič G, Franjiæ J, Kraigher H. Phylogenetic relationships in tribe Spiraeæ (Rosaceæ) inferred from nucleotide sequence data [J]. *Plant Syst Evol*, 2007, 266(1): 105-118.
- [13] Roman B. Review of Chinese *Spiraea* (Rosaceæ, Spiraeoideæ) with simple inflorescences [J]. *Novaon*, 2011, 21(3): 299-316.
- [14] 刘全儒, 尹祖棠. 中国北部绣线菊属的花粉形态及分类学意义[J]. 广西植物, 1994, 14(3): 231-236.
- [15] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第36卷[M]. 北京: 科学出版社, 1974: 1-67.
- [16] Rehder A. Manual of Cultivated Trees and Shrubs Hardy in North America [M]. New York: Macmillan, 1940, 2: 99.
- [17] Pojarkova Al. Flora URSS [M]. Moscow and Leningrad: Academic Science Press of URSS, 1939, 9: 187-251.
- [18] Lu LD, Crinan A. Flora of China: Vol. 9 [M]. Beijing: Science Press, St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, 2003: 47-73.
- [19] 赵一之, 王铁娟. 关于蒙古绣线菊毛枝变种及回折绣线菊的学名订正[J]. 木本植物研究, 2000, 20(3): 257-259.

江丹丹等: 图版 I

JIANG Dan-Dan et al.: Plate I

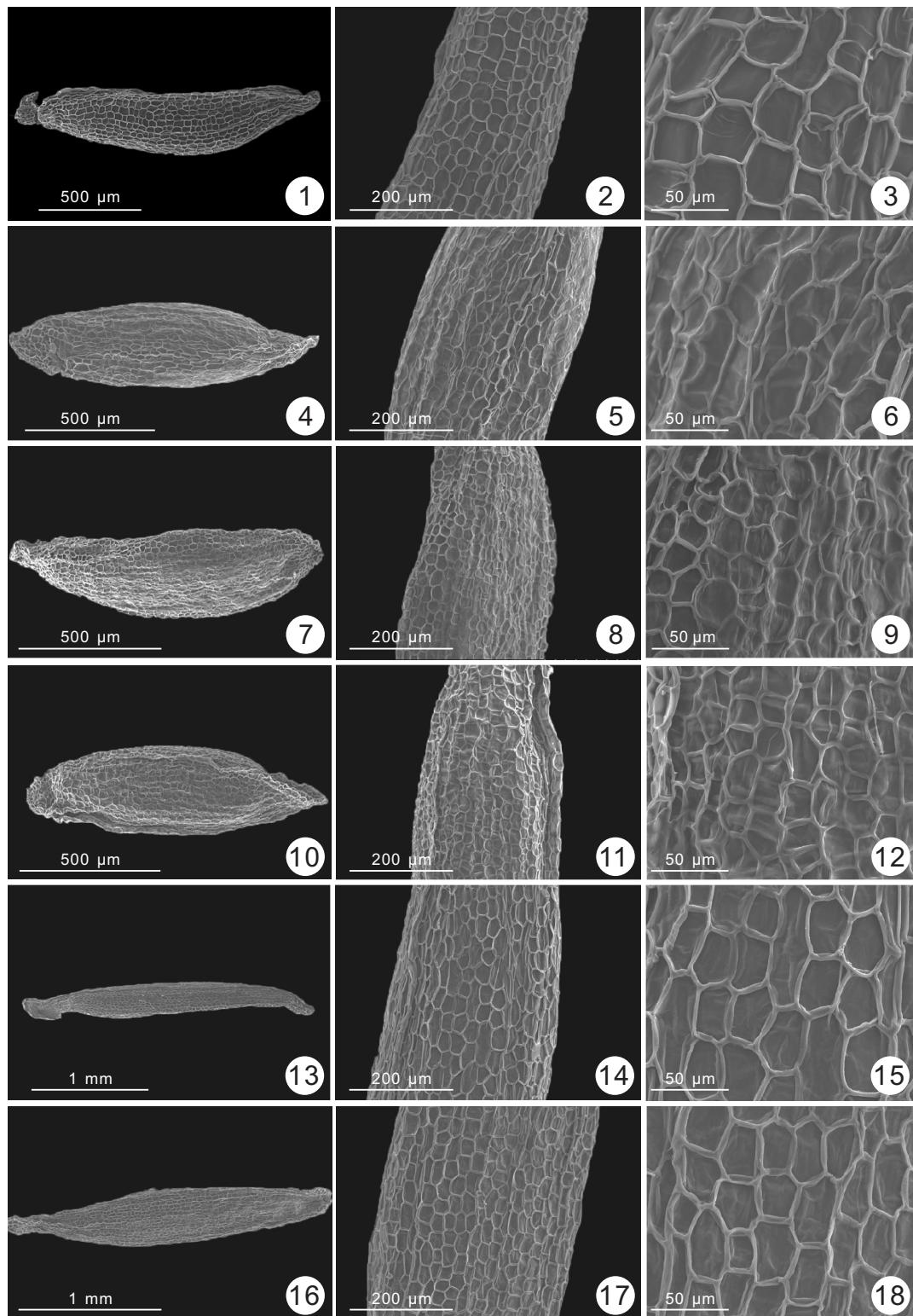


扫描电镜下绣线菊属植物种皮微形态。1~3: 柳叶绣线菊; 4~6: 光叶绣线菊; 7~9: 渐尖绣线菊; 10~12: 华北绣线菊; 13~15: 大叶华北绣线菊; 16~18: 陕西绣线菊。

SEM photographs of seed coat of *Spiraea* L. 1~3: *S. salicifolia*; 4~6: *S. japonica* var. *fortunei*; 7~9: *S. japonica* var. *acuminata*; 10~12: *S. fritschiana*; 13~15: *S. fritschiana* var. *angulata*; 16~18: *S. wilsonii*.

江丹丹等: 图版 II

JIANG Dan-Dan et al.: Plate II

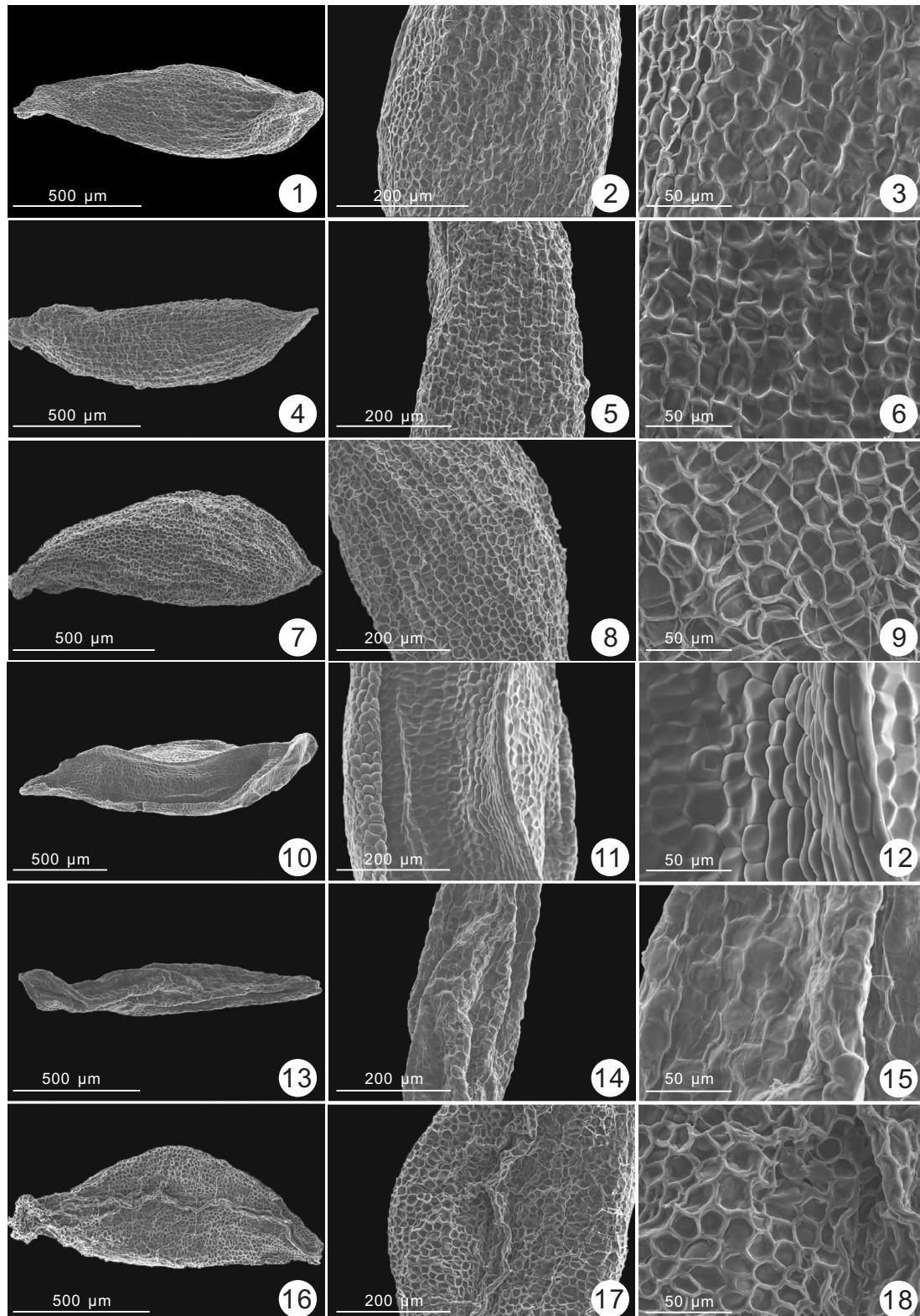


扫描电镜下绣线菊属植物种皮微形态。1~3: 鄂西绣线菊; 4~6: 翠蓝茶; 7~9: 长芽绣线菊; 10~12: 南川绣线菊; 13~15: 毛果绣线菊; 16~18: 乌拉绣线菊。

SEM photographs of seed coat of *Spiraea* L. 1~3: *S. veitchii*; 4~6: *S. henryi*; 7~9: *S. longigemmis*; 10~12: *S. rosthornii*; 13~15: *S. trichocarpa*; 16~18: *S. uratensis*.

江丹丹等: 图版 III

JIANG Dan-Dan et al.: Plate III

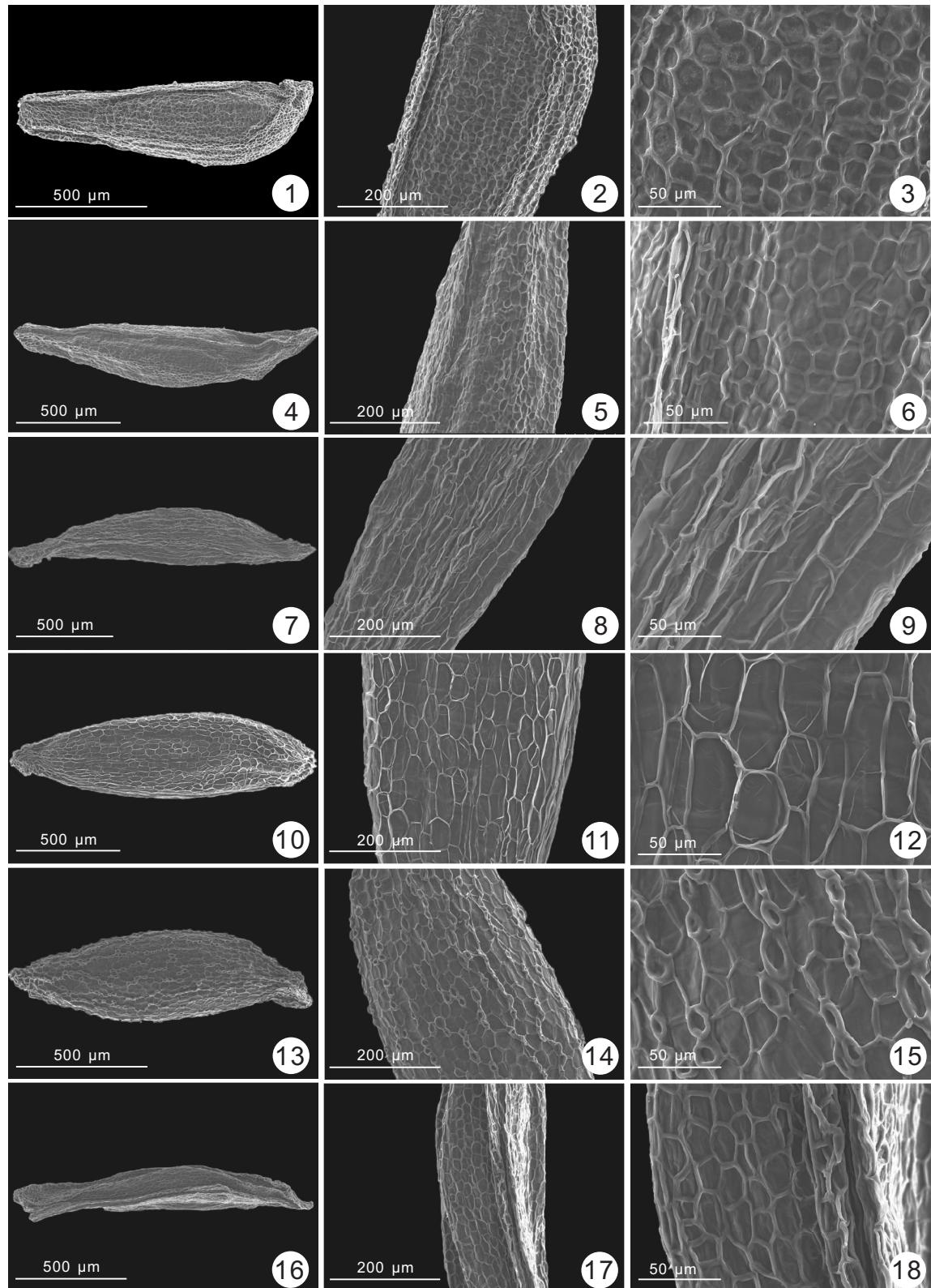


扫描电镜下绣线菊属植物种皮微形态。1~3: 三裂绣线菊; 4~6: 绣球绣线菊; 7~9: 疏毛绣线菊; 10~12: 中华绣线菊; 13~15: 毛花绣线菊; 16~18: 华西绣线菊。

SEM photographs of seed coat of *Spiraea* L. 1–3: *S. trilobata*; 4–6: *S. blumei*; 7–9: *S. hirsuta*; 10–12: *S. chinensis*; 13–15: *S. dasyantha*; 16–18: *S. laeta*.

江丹丹等: 图版 IV

JIANG Dan-Dan et al.: Plate IV

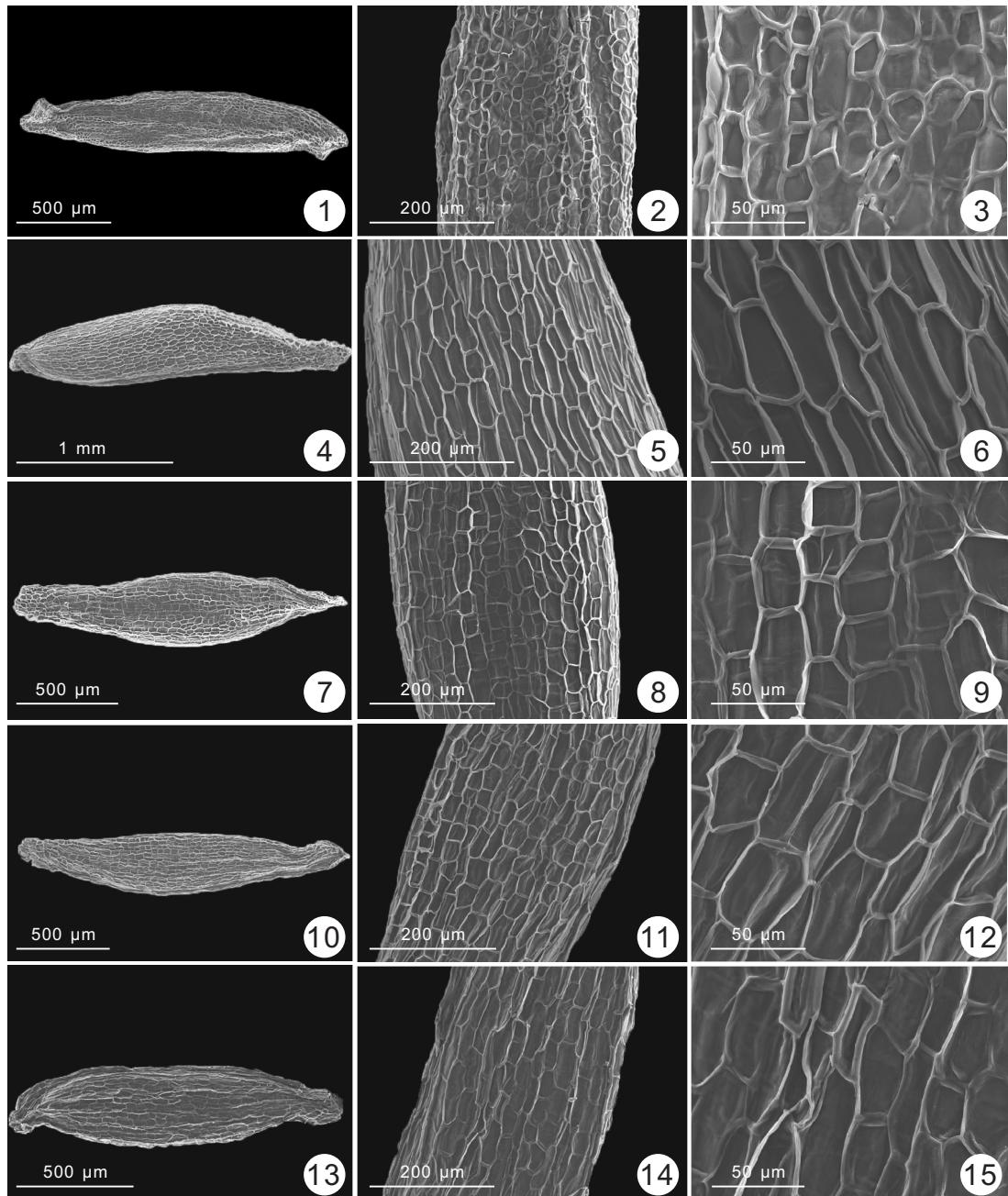


扫描电镜下绣线菊属植物种子皮微形态。1~3: 浅裂绣线菊; 4~6: 美丽绣线菊; 7~9: 高山绣线菊; 10~12: 细枝绣线菊; 13~15: 绢毛绣线菊; 16~18: 曲萼绣线菊。

SEM photographs of seed coat of *Spiraea* L. 1–3: *S. sublobata*; 4–6: *S. elegans*; 7–9: *S. alpina*; 10–12: *S. myrtilloides*; 13–15: *S. sericea*; 16–18: *S. flexuosa*.

江丹丹等: 图版 V

JIANG Dan-Dan et al.: Plate V



扫描电镜下绣线菊属植物种皮微形态。1~3: 石蚕叶绣线菊; 4~6: 蒙古绣线菊; 7~9: 毛枝蒙古绣线菊; 10~12: 毛叶绣线菊; 13~15: 金丝桃叶绣线菊。

SEM photographs of seed coat of *Spiraea* L. 1~3: *S. chamaedryfolia*; 4~6: *S. mongolica*; 7~9: *S. mongolica* var. *tomentulosa*; 10~12: *S. mollifolia*; 13~15: *S. hypericifolia*.

(责任编辑:张平)