

中国钩藤属 9 种植物的花粉形态

匡延凤^{1,2,3}, 廖景平^{1,2*}

(1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650; 2. 广东省数字化植物园重点实验室, 广州 510650;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 利用光学显微镜和扫描电镜对中国钩藤属(*Uncaria* Schreb.) 9 种植物的花粉形态进行了观察。结果表明, 钩藤属植物的花粉为单粒, 小型, 辐射对称, 赤道面观圆球形至近长球形, 极面观 3-裂圆形, 具 3 孔沟, 萌发沟裂缝状, 长达两极。萌发沟中央有“内壁加厚突出”结构。外壁具条纹至细网纹饰, 表面光滑无附属物。钩藤属花粉大小、形状、萌发沟和纹饰类型都较接近, 属于单一型花粉。钩藤属植物的花粉形态特征是茜草科(Rubiaceae)中较为原始的类型。

关键词: 钩藤属; 花粉形态; 中国

中图分类号: Q944.58

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2008)04-0350-07

Pollen Morphology of Nine Chinese Species of *Uncaria* Schreb. (Rubiaceae)

KUANG Yan-feng^{1,2,3}, LIAO Jing-ping^{1,2*}

(1. South China Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China; 2. Key Laboratory of Digital Botanical Garden in Guangdong, Guangzhou 510650, China; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Pollen morphology of nine Chinese species of *Uncaria* Schreb. was observed using scanning electron microscopy (SEM) and light microscopy (LM). The pollen grains are monad, small, radically symmetrical, and tricolporate, with a spheroidal to subprolate shape in equatorial view and three-lobed circular shape in the polar view. The ectocolpus is crack-like up to poles. A protruding oncus is often found in the middle of the ectocolpus. The exine ornamentation is striate to microreticulate, and without suprategal element. The genus *Uncaria* is fairly stenopalynous, because of a lack of variation of pollen characteristics at species level. The pollen morphology of *Uncaria* belongs to plesiomorphic type in Rubiaceae.

Key words: *Uncaria*; Pollen morphology; China

钩藤属 (*Uncaria* Schreb.) 隶属于茜草科 (Rubiaceae)。按照 Ridsdale^[1] 的修订, 钩藤属和帽柱木属 (*Mitragyna* Korth.) 一并归于金鸡纳族 (Cinchoneae) 帽柱木亚族 (*Mitragyninae* Havil.)。Ridsdale 还对钩藤属下各种进行了修订, 确定了该属包括 34 种。基于 Razafimandimbison 和 Bremer^[2] 的分子系统研究, 钩藤属被归并到乌檀族

(*Naucleae s.l.*), 并且被提升为一个独立的亚族, 即钩藤亚族 (*Uncarinae*)。该研究没有对属下各种进行修订, 而是沿用 Ridsdale 对该属各种的处理。徐祥浩和吴翰等^[3] 在编写《中国植物志》时也将钩藤属纳入乌檀族, 但是没有使用钩藤亚族的概念。

钩藤属植物主要分布于热带地区, 集中在从马来西亚到所罗门群岛的东南亚一带, 亚洲的其

收稿日期: 2007-09-29 接受日期: 2007-12-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(39870087, 30370099, 40332021); 广东省科技计划项目(2003C201033, 2005B20801009, 2006B20201009); 广州市科技项目(2006Z2-E0011)资助

* 通讯作者 Corresponding author

它地区以及非洲和南美洲也有分布^[4]。据《中国植物志》记载,中国钩藤属有11种1变型,其中毛钩藤(*Uncaria hirsuta* Havil.)、华钩藤(*U. sinensis* Havil.)和侯钩藤(*U. rhynchophylloides* How)为中国特有种。钩藤属植物具有攀援习性,枝条有花序柄退化形成的钩,由于这个显著特征而易与乌檀族其它各属植物相区分。钩藤属内种间的分类主要依据毛的有无,托叶裂片形态,花萼裂片及果实宿存萼裂片的形态,是一个分类上较为困难的分类群^[5]。钩藤属植物带钩的茎枝中含有的吲哚类生物碱具有重要的药用价值,如降血压、镇静作用,抗血小板聚集和抗血栓形成的作用和一定的抗癌作用^[6-8]。

研究表明,茜草科植物的花粉具有多种类型,且具有重要的分类学价值和系统学意义^[9-12]。关于钩藤属植物的研究,主要集中在对其化学成分、药理药性、临床应用和组织培养等方面。关于钩藤属的花粉形态学研究,国内只在专著《中国热带亚热带被子植物花粉形态》^[13]和《中国植物花粉形态》^[14]对钩藤(*U. rhynchophylla*)、白钩藤(*U. sessili-*

fructus)和大叶钩藤(*U. macrophylla*)的花粉形态有报道,且均为光镜资料。国外对乌檀族花粉形态研究^[15]涉及到5种钩藤属植物。已有的研究表明,钩藤属植物的花粉近球形,具3孔沟和细网纹饰,与*Burttidavya* Hoyle、水团花属(*A. dina* Salisb.)、凤箱树属(*Cephalanthus* L.)等类群植物的相似。但迄今钩藤属很多类群的花粉形态尚未见报道,且有关钩藤属植物的花粉形态学资料较为零散,缺乏系统全面的研究。因此我们对国产钩藤属9种植物的花粉形态进行观察,补充钩藤属相关类群的花粉形态学资料,对其进行比较分析,以探讨花粉形态在钩藤属中的分类学意义,为钩藤属植物的系统演化研究提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 实验材料

实验所用的花粉材料取自14份腊叶标本和1份新鲜植物,凭证标本保存于中国科学院华南植物园标本馆(IBSC)。实验所选材料及凭证标本见表1。

表1 采用的钩藤属植物

Table 1 Taxa of *Uncaria* selected for test

植物 Species	采集地 Locality	凭证标本 Voucher
毛钩藤 <i>U. hirsuta</i> Havil.	华南植物园 SCBG 广东 Guangdong	匡延凤(Kuang Y F) 1002* 粤(Yuc) 78-6321
平滑钩藤 <i>U. laevigata</i> Wall. ex G. Don	云南盈江 Yingjiang, Yunnan	Tran Drake19191
倒挂金钩 <i>U. lancifolia</i> Hutchins.	广西大苗山 Damiaoshan, Guangxi 云南 Yunnan	吕清华(Lü Q H) 2396 蔡希陶(Cai X T) 62226
大叶钩藤 <i>U. macrophylla</i> Wall.	广西都安吉发 Jifa, Du'an, Guangxi 云南 Yunnan	李阴昆(Li Y K) P01950 王启无(Wang Q W) 78767
钩藤 <i>U. rhynchophylla</i> (Miq.) Miq. ex Havil.	广东阳山 Yangshan, Guangdong 江西 Jiangxi	邓良(Deng L) 1247 杨祥学(Yang X X) 830397
侯钩藤 <i>U. rhynchophylloides</i> How	广东鼎湖山 Dinghushan, Guangdong	石国良(Shi G L) 445
攀茎钩藤 <i>U. scandens</i> (Smith) Hutchins.	海南崖州 Yazhou, Hainan	侯宽昭, 陈念功(Hou K Z & Chen N G)70249
白钩藤 <i>U. sessilifructus</i> Roxb.	云南思茅 Simao, Yunnan 广西 Guangxi	P. C. Tam 2610 秦仁昌(Qin R C) 7648
华钩藤 <i>U. sinensis</i> (Oliv.) Havil.	湖北宣恩 Xuansi, Hubei 贵州 Guizhou	李洪钧(Li H J) 3898 Sin 51083

* 新鲜材料 Fresh materials

1.2 实验方法

将取自腊叶标本和新鲜植物的花药放入塑料离心管中,加适量冰醋酸浸泡软化,然后捣碎花药以释放花粉,用钢纱网(小孔直径约50 μm)将花粉

过滤到离心管内,离心后倒掉上清液,加入70%酒精,用超声波清洗器震荡洗涤2~3次,每次5~10 min。用于光学显微镜(LM)观察的材料,吸取处理后的花粉液体滴于载玻片上,加一小块甘油胶,

酒精灯微微加热使甘油胶融化,加上盖玻片,然后在光学显微镜下观察,用目镜测微尺测量 10 ~ 20 粒花粉的大小,分别计算极轴 P 和赤道轴 E 的长度,然后分别取它们的平均值、最大值和最小值。用于扫描电子显微镜(SEM)观察的材料,吸取处理后的花粉滴在粘有双面胶的铜台上,待其自然干燥后用 JFC-1600 离子溅射仪镀金膜 10 nm,利用 JSM-6360LV 扫描电镜观察照相。

花粉形态学描述术语主要参考 Punt 等^[16],花粉大小及赤道面观形状等级沿用 Erdtman^[17]。

2 结果

本研究对钩藤属 9 种植物的花粉形态进行了观察和比较,特征描述见表 2。

钩藤属植物的花粉均为单粒,辐射对称,大小

为极轴长(P)(8.5 ~ 14.2 μm) \times 赤道轴长(E)(8.6 ~ 13.5 μm),属于非常小型和小型花粉。在所观察的类群中,大叶钩藤的花粉最小,平均赤道轴长(E)为 9.01 μm ;平滑钩藤(*U. laevigata*)的花粉最大,平均赤道轴长(E)为 12.7 μm 。花粉极面观均为 3-裂圆形,赤道面观呈圆球形或近长球形;圆球形的类型又可进一步区分为扁圆球形和长圆球形。常具 3 孔沟。萌发沟长达两极,沟长为极轴长的 61% ~ 87%,萌发沟最长的为平滑钩藤,最短的为白钩藤;沟宽为 0.28 ~ 1.87 μm ,萌发沟最宽的为平滑钩藤,最窄的为白钩藤;沟膜纹饰大多呈颗粒状,有些类群沟膜不可见,因为这些类群的萌发沟狭窄呈裂缝状;萌发沟边缘均明显,沟末端尖或钝。沟界极区指数(相邻两个外萌发沟末端的距离与赤道轴长的比)为 0.25 ~ 0.43。毛钩藤、平滑钩藤、钩

表 2 钩藤属植物花粉形态比较

Table 2 Comparison of the pollen morphology of *Uncaria*

植物 Species	大小(极轴 \times 赤道轴) Size (Polar axis \times Equatorial) (μm)	P/E	赤道面观 Equatorial view	萌发沟 Aperture				沟界 极区 指数 Apoc- olpium index	内壁 加厚 突出 Protruding oncus	外壁纹饰 Sexine ornamentation	图版 Plate
				宽度 Width (μm)	相对 长度 LC/P	沟膜纹饰 Membrane sculpture	沟 末 端 End				
毛钩藤 <i>U. hirsuta</i>	9.36 (8.8 ~ 10.4) \times 10.66 (9.7 ~ 11.9)	0.88	扁圆球形 Oblate spheroidal	0.32	73	不可见 Invisible	尖 Acute	0.37	有 Present	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 1,2
平滑钩藤 <i>U. laevigata</i>	12.42 (11.5 ~ 13.5) \times 12.7 (11.2 ~ 13.5)	0.98	扁圆球形 Oblate spheroidal	1.87	87	颗粒状 Granular	尖或钝 Acute- obtuse	0.25	有 Present	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 3,4
倒挂金钩 <i>U. lancifolia</i>	11.45 (10.3 ~ 12.7) \times 11.01 (10.4 ~ 11.9)	1.04	长圆球形 Prolate spheroidal	0.58	65	颗粒状 Granular	尖 Acute	0.38	无 Absent	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 5
大叶钩藤 <i>U. macrophylla</i>	10.28 (8.5 ~ 11.8) \times 9.01 (8.6 ~ 9.3)	1.14	长圆球形 Prolate spheroidal	0.33	77	不可见 Invisible	尖 Acute	0.33	无 Absent	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 6
钩藤 <i>U. rhynchophylla</i>	12.02 (11.3 ~ 13.2) \times 9.92 (9.0 ~ 11.2)	1.21	近长球形 Subprolate	0.45 ~ 1.25	77	颗粒状 Granular	尖或钝 Acute- obtuse	0.42	有 Present	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 7
侯钩藤 <i>U. rhynchophylloides</i>	12.15 (11.2 ~ 13.1) \times 11.08 (10.3 ~ 12.3)	1.1	长圆球形 Prolate spheroidal	0.52	73	不可见 Invisible	尖 Acute	0.43	无 Absent	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 8
攀茎钩藤 <i>U. scandens</i>	11.72 (10.5 ~ 12.7) \times 10.11 (9.0 ~ 11.5)	1.16	近长球形 Subprolate	0.76	71	颗粒状 Granular	尖 Acute	0.35	有 Present	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 9,10
白钩藤 <i>U. sessilifructus</i>	10.15 (9.5 ~ 10.77) \times 9.82 (9.28 ~ 10.68)	1.03	长圆球形 Prolate spheroidal	0.28	61	不可见 Invisible	尖 Acute	0.39	无 Absent	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 11
华钩藤 <i>U. sinensis</i>	12.62 (11.1 ~ 14.2) \times 10.94 (9.4 ~ 12.1)	1.15	近长球形 Subprolate	0.73 ~ 2	76	颗粒状 Granular	尖 Acute	0.39	有 Present	条纹-细网 Striate- microreticulate	I : 12

藤、攀茎钩藤(*U. scandens*)和华钩藤的萌发沟中央有明显的突起,经对毛钩藤的新鲜花粉进行超薄切片观察,证实突起为花粉内壁在内孔处发生的加厚突出(另文发表)。该结构在个别类群中不稳定,如攀茎钩藤大多数花粉粒都不具有内壁加厚突出,但也有少许花粉粒具有内壁加厚突出。花粉外壁具条纹至细网纹饰,网眼多边形或不规则圆形,大小不一,网脊条状,宽度大体一致,大致呈平行分布。网脊及花粉外壁表面光滑无附属物。

3 讨论

3.1 花粉“内壁加厚突出”(Protruding oncus)

本研究在毛钩藤、平滑钩藤、钩藤、攀茎钩藤和华钩藤的花粉萌发沟中央都发现了“内壁加厚突出”(protruding oncus)结构。最早在茜草科花粉中发现内壁加厚突出的是 Ramam^[18]和 Farooq & Inamuddin^[19]。他们分别在 *Stephegyne parviflora* 的雄配子体发育和 *Oldenlandia nudicaulis* 的胚胎学研究中观察到这个结构。此后,“内壁加厚突出”在茜草科的螺序草属(*Spiradictis*)^[20]、蛇根草属(*Ophiorrhiza*)^[21-22]、鱼骨木族(*Vanguerieae*)^[23]和 *Isertiace*^[24]等类群中均有报道。

孢粉学术语“内壁加厚”(oncus, 复数 onci)首次被 Hyde^[25]提出,用来形容花粉内壁发生的透镜形加厚结构。Philip & Mathew^[26]在描述蛇根草属(*Ophiorrhiza*)的该结构时,称作“孢芽”(pollen bud),因他们发现这种内壁加厚结构从萌发孔处突出,形成一个乳头状突起。Igersheim & Weber^[27]对其超微结构的研究表明,它是在花粉进行第一次有丝分裂之前由内壁外层增厚形成,在生殖细胞形成后不久就会脱落。Tilney & Van Wyk^[23]认为“孢芽”这一术语不妥当,会使人误以为该结构是花粉萌发的结果,因此提出用“内壁加厚突出”(protruding oncus)来描述这一特殊结构。Weber & Igersheim 用免疫金标记检测到这种内壁加厚突出物的壁含有甲基酯化的胶质,并认为它在功能上可能与花粉鞘的释放相关,即在花粉鞘形成过程中与花药的绒毡层接触并紧密相连,随着药室内壁的扩张,它与绒毡层的连接处就会破裂而释放出花粉鞘^[28]。胡适宜等^[29-30]在天竺葵属(*Pelargonium* L' Herit)和月见草属(*Oenothera* L.)植物的花粉中也发现了“内壁加厚突出”,他们称之为萌发孔的胞质囊(cytoplasmic bulge)。通过对其超微结构的观察,发现胞质囊突

出部分的壁有许多胞质小管穿过,突出的腔中充满营养细胞的胞质和淀粉粒,在天竺葵中与侵入的绒毡层原质团紧密联结。因此他们认为萌发孔胞质囊结构上具有传递细胞的特征,推测当花粉活跃生长时期,加强从周围吸收营养物质的作用。我们认为目前关于“内壁加厚突出”的功能都尚属推测,应用起来有一定的局限性,该结构可能的功能还有待进一步研究。

在钩藤属已有的花粉形态学资料中,花粉“内壁加厚突出”在毛钩藤、大叶钩藤、钩藤和白钩藤等中均未见报道^[13-15],而本研究在毛钩藤和钩藤2个类群中的萌发沟中央发现了这一结构。对此,我们推测有两种可能的原因:(1)由于该结构具有类似花粉内壁物质成分,即甲基酯化的胶质^[28],使得该结构在花粉中不稳定地存在,因此在对花粉进行化学处理(尤其是进行醋酸酐降解)时可能会脱落。(2)由于该结构是在幼嫩花粉时期形成,随着正常花粉发育的进行,到花粉成熟时期凋落^[27]。本研究结果和前人的不一致可能是因所取用的花粉处于不同的发育时期所致。本研究为了避免因传粉引起花粉不纯,采用的材料均为含苞待放之花朵中的花药,或许这种花药中的花粉还未成熟,因此“内壁加厚突出”还未脱落。这需要进一步对特定类群的花粉发育过程进行研究来证实。

3.2 花粉形态的分类学和系统演化的意义

结合钩藤属已有的花粉资料^[13-15],钩藤属花粉为趋向小型的花粉类型,大小比较均一,最大的花粉和最小的花粉之间变幅不明显,花粉形状从圆球形趋向于长球形,萌发孔沟形态和沟界极区指数比较接近,外壁纹饰类型都比较一致,是属于单一型花粉。花粉形态学特征在种级水平的分类学价值不大。就本研究的9种植物来看,钩藤和侯钩藤之间的关系颇受争议,Ridsdale^[1]认为后者应归并于前者,且得到 Phillipson 等^[31]的支持,而仲耘等认为侯钩藤应该处理为一个独立的分类群,因二者的外部形态、内部组织构造和化学成分等方面差异显著,且侯钩藤在广西、广东和海南都有分布^[5]。从本研究结果来看,二者除了在“内壁加厚突出”上有区别之外,其它花粉形态方面差异非常小,况且“内壁加厚突出”这一结构不甚稳定,因此不能从花粉形态上来区分二者。花粉形态学特征在所研究植物中的分类学意义不大。但值得提出的是,钩藤属有34种植物,到目前为止,仅有13种植物的花粉被

研究。因此需要进一步研究,才能认识花粉形态学特征在整个钩藤属的分类学意义。

茜草科花粉萌发孔类型的变异范围较大,大多数类群的萌发孔数目为 3、4 或 5,在较为进化的草本类群 *Spermacoce* 中,萌发孔数目为多数,以 10 ~ 13 个萌发孔居多^[12]。3 孔沟类型的花粉是茜草科中较为普遍的花粉类型,也是较原始的花粉特征。从花粉极面观来看,茜草科大多数类群的萌发孔仅位于赤道,属于环孔(zonoaperture)类型,只有少数类群的花粉萌发孔散布于整个花粉,即散孔(pantoaperture)类型。钩藤属花粉除了 3 孔沟类型外,罕见其它类型的花粉,且均为环孔类型。茜草科花粉的外壁纹饰变异范围非常广,包括光滑的,穿孔状,穴状,细网状,皱状,条纹状等,最常见的类型是穿孔状和细网状。钩藤属花粉外壁纹饰属于条纹状和细网状之间的过渡类型,外壁表面无附属物。以上表明,钩藤属植物具有和茜草科大多数类群相似的花粉形态特征,即具 3 个萌发孔沟,萌发孔沟位于赤道,外壁表面无附属物。Dessein 等^[32]认为这些特征都属于茜草科花粉祖征,从这个观点来看,钩藤属花粉在茜草科中属于比较原始的花粉类型。

致谢 承蒙中国科学院华南植物园标本馆(IBSC)提供花粉材料,公共实验室胡晓颖老师协助制片和照相,在此表示诚挚的感谢。

参考文献

- [1] Ridsdale C E. A revision of *Mitragyna* and *Uncaria* (Rubiaceae) [J]. *Blumea*, 1978, 24(1): 43-100.
- [2] Razafimandimbison S G, Bremer B. Phylogeny and classification of *Naucleaeae s.l.* (Rubiaceae) inferred from molecular (*ITS*, *rbcl*, and *trnT-F*) and morphological data [J]. *Amer J Bot*, 2002, 89(7): 1027-1041.
- [3] Xu X H(徐祥浩), Wu H(吴翰). *Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus 71(1)* [M]. Beijing: Science Press, 1999: 247-258. (in Chinese)
- [4] Liu G(刘贵), Feng X Z(冯孝章). Overview of the research on medical plants *Uncaria rhynchophylla* and other plants of *Uncaria* [J]. *Chin Pharm J(中国药理学杂志)*, 1991, 26(10): 583-590. (in Chinese)
- [5] Zhong Y(仲耘), Feng R Z(冯瑞芝). A comparison study between medical plants *Uncaria rhynchophylla* (Miq.) Miq. ex Havil and *Uncaria rhynchophylloides* How [J]. *Bull Bot Res(植物研究)*, 1996, 16(1): 67-76. (in Chinese)
- [6] Yu Z B(余再柏), Shu G M(舒光明), Qin S Y(秦松云), et al. Investigation research on medical resources of *Uncaria* in China [J]. *Chin J Chin Mater Med(中国中药杂志)*, 1999, 24(4): 198-202. (in Chinese)
- [7] Xu D D(许丹丹), Mo Z X(莫志贤). Chemic ingredient and pharmacological function of *Uncaria rhynchophylla* and *Uncaria hirsuta* [J]. *Trad Chin Drug Res Clin Pharmacol(中药新药与临床药理)*, 2005, 16(4): 311-334. (in Chinese)
- [8] Liu J(刘佳), Fu Z J(富志军). General Situation of the Study on the *Uncaria rhynchophylla* [J]. *Strait Pharm J(海峡药理学)*, 2006, 18(5): 90-93. (in Chinese)
- [9] Johansson J T. Pollen morphology of the tribe Morindeae (Rubiaceae) [J]. *Grana*, 1987, 26: 134-150.
- [10] Andersson L. Pollen characteristics of the tribes Calycophylleae, Cinchoneae and Hillieae (Rubiaceae) [J]. *Nord J Bot*, 1993, 13(4): 405-417.
- [11] Huysmans S, Robbrecht E, Delprete P, et al. Pollen morphological support for the Catesbaeae-Chiococceae-Exostema-complex (Rubiaceae) [J]. *Grana*, 1999, 38(6): 325-338.
- [12] Dessein S, Huysmans E, Robbrecht E, et al. Pollen of African *Spermacoce* species (Rubiaceae)-morphology and evolution aspects [J]. *Grana*, 2002, 41(2): 69-89.
- [13] Institute of Botany and South China Institute of Botany, Academia Sinica(中国科学院植物研究所和华南植物研究所). *Angiosperm Pollen Flora of Tropic and Subtropic China* [M]. Beijing: Science Press, 1982: 305-325. (in Chinese)
- [14] Wang F X(王伏雄), Qian N F(钱南芬), Zhang Y L(张玉龙), et al. *Pollen Flora of China* [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 1995: 355-369. (in Chinese)
- [15] Verellen J, Dessein S, Razafimandimbison S G, et al. Pollen morphology of the tribes Naucleaeae and Hymenidictyeae (Rubiaceae-Cinchonoideae) and its phylogenetic significance [J]. *Bot J Linn Soc*, 2007, 153(3): 329-341.
- [16] Punt W, Hoen P P, Blackmore S, et al. Glossary of pollen and spore terminology [J]. *Rev Palaeobot Palynol*, 2007, 143(1-2): 1-81.
- [17] Erdtman G. *Handbook of Palynology* [M]. Munksgaard, Copenhagen, Denmark, 1969: 1-429.
- [18] Ramam S S. Gametogenesis and fertilization of *Stephegyne parviflora* Korth. [J]. *Agra Univ J Res Sci*, 1954, 3: 243-348.
- [19] Farooq M, Inamuddin M. The embryology of *Oldenlandia nudicaulis* Roth. [J]. *J Indian Bot Soc*, 1969, 48: 166-173.
- [20] Ma Q X(马其侠), Wang R J(王瑞江), Chen B H(陈炳辉). Pollen morphology of *Spiradiclis* Bl. (Rubiaceae) [J]. *J Trop Subtrop Bot(热带亚热带植物学报)*, 2005, 13(2): 159-166. (in Chinese)
- [21] Chennaveeraiah M S, Shivakumar P M. Pollen bud formation and its role in *Ophiorrhiza* spp. [J]. *Ann Bot*, 1983, 51(4): 449-452.
- [22] Mathew P M, Philip O. Developmental and systematic significance of pollen bud formation in *Ophiorrhiza* Linn. [J]. *New Bot*, 1987, 14(1): 47-54.
- [23] Tilney P M, Van Wyk A E. Pollen morphology of *Canthium*, *Keetia* and *Psydrax* (Rubiaceae: Vanguerieae) in South Africa [J]. *Grana*, 1997, 36: 249-260.

- [24] Priyadarshan P M, Ramachandran K. Cytology and exceptional pollen development in *Mussaenda* Linn [J]. *Cytologia*, 1984, 49: 407-413.
- [25] Hyde H A. *Oncus*, a new term in pollen morphology [J]. *New Phytol*, 1955, 54(2): 255-256.
- [26] Philip O, Mathew P M. Cytology of exceptional development of the male gametophyte in *Ophiorrhiza mungos* [J]. *Can J Bot*, 1975, 53: 2032-2037.
- [27] Igersheim A, Weber M. "Pollen bud" formation in *Ophiorrhiza* (Rubiaceae) — An ultrastructure reinvestigation [J]. *Opera Bot Belg*, 1993, 6: 51-59.
- [28] Weber M, Igersheim A. Pollen buds in *Ophiorrhiza* (Rubiaceae) and their role in pollenkit release [J]. *Bot Acta*, 1994, 107: 257-262.
- [29] Hu S Y(胡适宜), Zhu C(朱澈). Atlas of Sexual Reproduction in Angiosperms [M]. Beijing: Science Press, 2000: Plate 38-39. (in Chinese)
- [30] Hu S Y(胡适宜). Reproductive Biology of Angiosperms [M]. Beijing: Higher Education Press, 2005: 82-83. (in Chinese)
- [31] Phillipson J D, Hemingway S R, Ridsdale C E. Alkaloids of *Uncaria*. Part V. Their occurrence and chemotaxonomy [J]. *Lloydia*, 1978, 41(6): 503-570.
- [32] Dessein S, Ochoterena H, De Block P, et al. Palynological characters and their phylogenetic signal in Rubiaceae [J]. *Bot Rev*, 2005, 71(3): 354-414.

图版说明

图版 I

1~2. 毛钩藤, 1. 极面观, 示3个内壁加厚突出; 2. 示一个放大的内壁加厚突出; 3~4. 平滑钩藤, 3. 极面观, 示3个内壁加厚突出; 4. 示一个放大的内壁加厚突出; 5. 倒挂金钩, 赤道面观, 示萌发孔沟; 6. 大叶钩藤, 极面观, 示3个萌发孔沟; 7. 钩藤, 赤道面观, 示内壁加厚突出; 8. 侯钩藤, 赤道面观, 示2个萌发孔沟; 9~10. 攀茎钩藤, 9. 极面观, 示3个萌发孔沟; 10. 赤道面观, 示内壁加厚突出; 11. 白钩藤, 极面观, 示3个萌发孔沟; 12. 华钩藤, 赤道面观, 示内壁加厚突出;

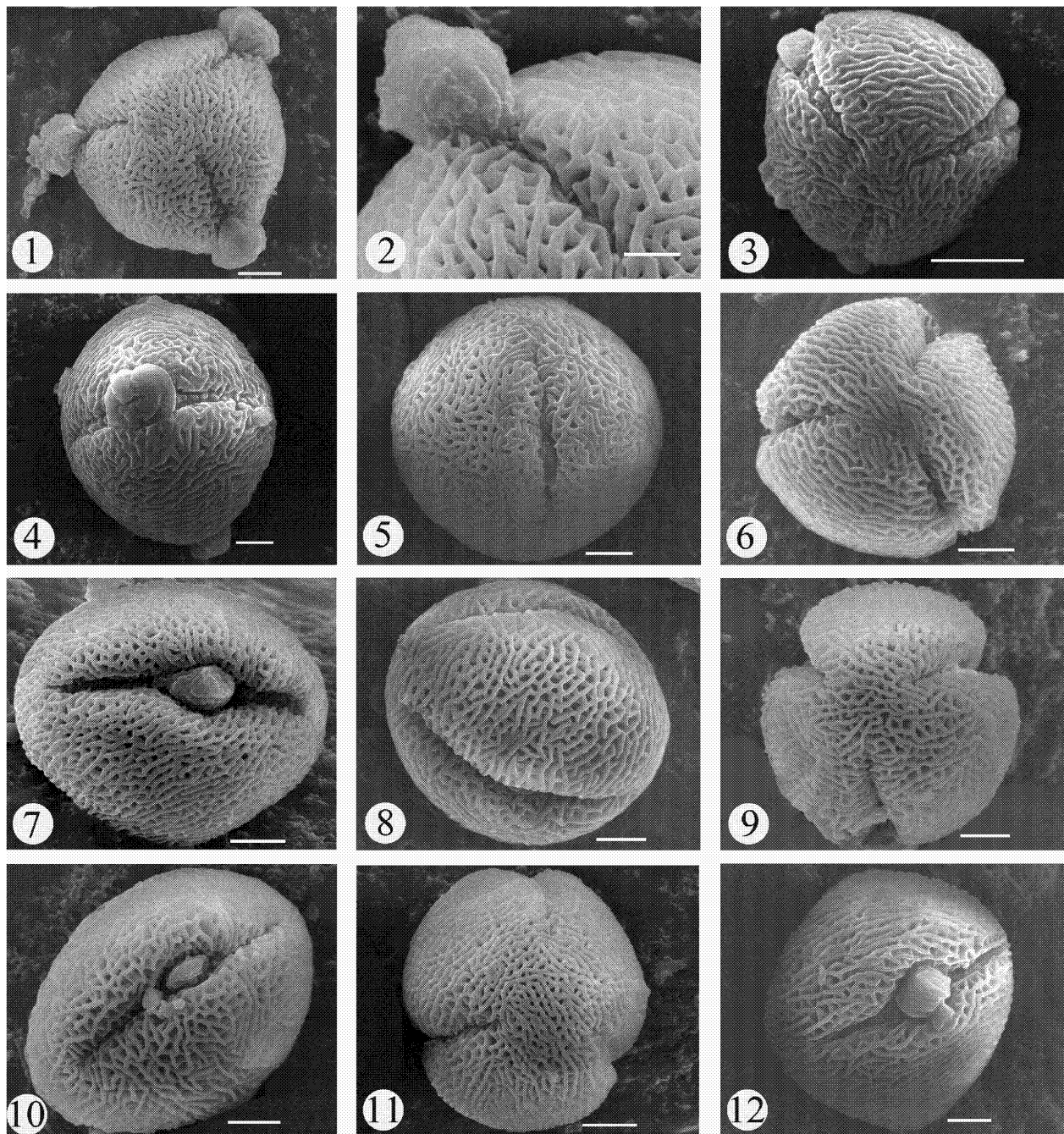
标尺: 1. 1 μm ; 2, 4~12. 2 μm ; 3. 5 μm 。

Explanation of plate

Plate I

1~2. *Uncaria hirsuta*. 1. Polar view, showing three protruding onci; 2. One protruding oncus magnified; 3~4. *U. laevigata*. 3. Polar view, showing three protruding onci; 4. Equatorial view, showing one magnified protruding oncus; 5. *U. lancifolia*, equatorial view, showing one colporus; 6. Polar view of *U. macrophylla*, showing tricolporate; 7. Equatorial view of *U. rhynchophylla*, showing protruding oncus; 8. Equatorial view of *U. rhynchophylloides*, showing two colporus; 9~10. *U. scandens*. 9. Polar view, tricolporate; 10. Equatorial view, showing one protruding oncus; 11. Polar view of *U. sessilifructus*, showing tricolporate; 12. Equatorial view of *U. sinensis*, showing one protruding oncus.

Bars: 1. 1 μm ; 2, 4~12. 2 μm ; 3. 5 μm 。



匡延凤等:图版 I

Kuang Yan-feng, et al.: Plate I