

嵩草属植物硅酸体系统的研究

邓德山

(广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西桂林 541006)
中国科学院

摘要: 对国产狭义嵩草属(*Kobresia*, Cyperaceae) 3 个组 27 种植物进行了硅酸体系统分析研究, 同时结合近缘的苔草属(*Carex*) 2 个组的植物硅酸体特征, 深入探讨了植物硅酸体系统分析研究在莎草科苔草族(Caricaceae)中的系统分类学意义。认为: (1) 嵩草属及其临近类群在属间、种间及种下水平的系统分类学比较研究都可以借助植物硅酸体系统研究的证据。(2) 穗状嵩草组(sect. *Elyna*)的硅酸体系统特征具有较高的一致性, 除矮嵩草(*K. humilis*)及其近缘种同其他穗状嵩草组的种类有所不同, 它很可能有一个不同于穗状嵩草组其他类群的嵩草组(sect. *Kobresia*)的亲缘。(3) 从植物硅酸体系统特征的研究来看, 拟苔草组(sect. *Hemicarex*)的一些种接近于穗状嵩草组, 如高山嵩草(*K. pygmaea*); 而另一些种接近于嵩草组, 如禾叶嵩草(*K. graminifolia*); 也有一些种类的硅酸体系统特征更接近苔草属, 说明这个组很可能是多源的, 即本组的单一花穗和果囊形态特征由不同类群的复合花序种类趋同演化而出。(4) 嵩草组的硅酸体系统特征具有较高的一致性, 说明嵩草属原始类群在硅酸体系统特征方面与外部形态特征演化的某些相关性。

关键词: 嵩草属; 植物硅酸体; 系统分类

中图分类号: Q945.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2002)05-0394-05

Studies on phytolith system of *Kobresia* (Cyperaceae)

DENG De-shan

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and The Chinese
Academy of Sciences, Guilin 541006, China)

Abstract: The phytolith system characters of 27 Chinese species of *Kobresia* (Cyperaceae) from 3 sections are dealt with in this paper. Based on phytolith system analysis data, the author concludes that: (1) The characters of phytolith system are significant on classification of the genus *Kobresia* below and among genus levels. (2) Almost all species of sect. *Elyna* except for *Kobresia humilis* and its related taxa are uniform for characters of phytolith system. These probably implies that *Kobresia humilis* and its related species have a phylogenetic line differing from other species of this section. (3) Based on data of phytolith system, some species of sect. *Hemicarex*, for instance *Kobresia pygmaea*, are related to sect. *Elyna*; and some species such as *Kobresia graminifolia* are related to sect. *Kobresia*; otherwise some species related to the genus *Carex*, for example, *Kobresia prainii*. These will suppose that this section is artificial group or something like that. (4) The phytolith system characters of sect. *Kobresia* are somewhat uniform, this probably implies that some relationships between phytolith system and morphological characters in this

收稿日期: 2001-07-24

作者简介: 邓德山(1968-), 男, 四川蓬溪县人, 硕士, 助理研究员, 从事植物地理与分类学研究。

基金项目: 广西区青年科学基金资助项目(编号: 桂科青 9811008); 中国科学院生物区系分类特别支持项目。

supposed ancestral section in the genus *Kobresia*.

Key words: phytolith system; *Kobresia*; taxonomy

植物硅酸体(phytolith)是指沉积在植物体细胞内或细胞间具有一定生理生态功能和稳定形态特征的水合二氧化硅颗粒。莎草科植物普遍发育着丰富的硅酸体,并且有两类多种形态的莎草型硅酸体发育^[1~3]。莎草科植物硅酸体因其本身的形态和发育的位置非常特别而被命名为莎草型硅酸体。典型的莎草型硅酸体有多边帽(莎草 I 型)和硅酸质突起(莎草 II 型)两类。Metcalf^[2]首先系统地描述了莎草科植物硅酸体的形态和特征,作者近期也对莎草科植物果实硅酸体的形态特征及其系统分类学意义做过研究^[1]。嵩草属的多边帽型硅酸体(莎草 I 型)主体形态类似于草帽,帽缘呈五边形到多边形,帽的突起部分表现为色调与周围部分有明显区别的圆,其表面形态光滑圆润^[1]。硅酸质突起(莎草 II 型)存在于所有嵩草属植物的叶片、茎秆表皮中,但突起的形态、大小和附属颗粒的有无很不一致;一般以表皮细胞的内切壁的圆锥化突起为特点,直接位于硅质化突起之下的内切细胞壁增厚形成衬板,外切壁较薄而突起,在内切壁衬板上形成尖端向外的空心硅酸质锥体^[1,2]。有关嵩草属植物硅酸体的专门研究还有 Rajbhandri^[4]曾对嵩草属 23 种植物的叶表面、先出叶和坚果表面进行了电镜扫描分析研究,并主要以坚果硅酸体副颗粒和边缘状态将嵩草属坚果硅酸体形态划分为 4 个类型。嵩草属共计 40 余种,主要分布于我国青藏高原东南部及南缘地区,少数种类散布至整个北温带^[5]。嵩草属植物在青藏高原高寒草原、草甸的各种植物群落中形成优势植物类群。本文拟以中科院西北高原生物所和中科院植物研究所馆藏标本为主,深入研究嵩草属(狭义)植物大量居群标本叶片硅酸体的排布相及其形态特征,探索嵩草属的硅酸体系统在该植物类群系统分类学方面的意义。

1 材料与方 法

本研究采用 Dayanandan^[6]植物硅酸体检出法,具体技术操作方法如下。大部分分析材料选自标本馆馆藏标本,少数为新鲜材料。本文中主要做成熟叶片和坚果的硅酸体分析,叶片采用干式灰像法,坚果采用湿式灰分法,具体操作如下:

1.1 干式灰像法

(1)将样品成熟叶片截取 1 cm 左右,于自来水中浸泡 1 d,流水冲洗 2 h,洗去外源硅酸体颗粒。(2)将叶片投入 80%乙醇溶液,展平成形使其自然干燥。(3)将叶片置于载玻片上并覆以盖玻片,在 500 W 电炉上加热 1 h,待氧化完全后缓慢冷却。(4)小心而迅速地揭开盖玻片,得到叶片向轴面和背轴面两个灰像。(5)以稀酸处理灰像,溶解可溶无机盐颗粒。(6)以 SAC 染液处理灰像。(7)将灰像在干燥器中干燥。(8)二甲苯透明并封片。(9)显微镜下观察并照相。

1.2 湿式灰分法

(1)将 1~3 个坚果水洗干净。(2)在试管中以浓硝酸和浓硫酸混合液加热氧化。(3)氧化完全后离心,除上清液后,水洗 2 次。(4)以 SAC 染液染色。(5)脱水透明后以吸管吸取含硅酸体的液滴滴于载玻片上。(6)封藏后显微镜观察并照相。SAC 染液染后植物硅酸体呈黄色透明晶体,颜色易褪,所以要尽快观察照相。

2 结果和讨论

2.1 嵩草属植物硅酸体系统特征

嵩草属植物果实亚表皮普遍发育着莎草 I 型硅酸体,在嵩草属植物坚果表皮细胞中,其每个细胞内切壁上只发育 1 个莎草 I 型硅酸体。莎草 I 型硅酸体变异幅度没有种间的特征性而仅具有个例的意义,这一点符合 Salo^[7]在苔草中的观察结果,而与 Rajbhandri^[4]有所不同。嵩草属植物叶片中普遍发育莎草 II 型硅酸体、角状硅酸体、板状硅酸体、气孔器硅酸体、莎草 II 型硅酸体、硅质纤维基垫、硅质砂和少数瘤形硅酸体。叶片中以莎草 II 型硅酸体、硅质砂、气孔器硅酸体、角状硅酸体的排布相和特征最为重要。

2.1.1 角状硅酸体特征 嵩草属植物的叶片在所有分析样品中都含有形态不一的角状硅酸体,各居群的角状硅酸体的形态变化大,形态变化的规律性不明显。而分析样品中角状硅酸体的排布相比较有规律,主要整齐地分布在叶片两侧边缘上和背轴面中脉上。作者将含有三列角状硅酸体排布相的类型分

为角状 I 型(horn type I),见图版 I :1,2,图版 II :2,5,中脉列缺乏而只含有叶缘两列角状硅酸体排布相的分为角 II 型(horn type II),见图版 III :1,2,3。

2.1.2 莎草 II 型硅酸体特征 嵩草属的莎草 II 型硅酸体的发育是同亚表皮纤维束或纤维束鞘相关的,在叶片灰相上表现为排列整齐的莎草 II 型硅酸体行列。行列的排布相是具有种间和居群间差异的。嵩草属植物类群中,根据莎草 II 型硅酸体的排布特征可分为 A、V、M、X 四种类型。A 型排布式是指嵩草叶片硅酸体灰相上表现为中列最粗大边列渐细,最后呈单列的型式;见图版 I :3。V 型排布式是指嵩草叶片硅酸体灰相上表现为中列最细小或缺中列而边列大的排布式;见图版 II :2。M 型排布式是指嵩草叶片硅酸体灰相上表现为各列等大且都为粗列的排布式;见图版 I :7,12。X 型排布式是指嵩草叶片硅酸体灰相上表现为各列等大且都为细列的排布式,见图版 II :1,9,图版 III :1,2。文中粗列系指每束硅酸体列包括 3~5 列莎草 II 型硅酸体的排列,细列系指仅包括 1~2 列莎草 II 型硅酸体的排列方式。

2.1.3 莎草 I 型硅酸体特征 嵩草属植物中所有居群成熟坚果中都含有莎草 I 型硅酸体^[1]。莎草 I 型硅

酸体是典型的空心帽状或中央空心粒不发育或仅微突出的多边形,这类硅酸体在分析样品间差别不大也不规律。

2.1.4 硅酸质砂粒 这类硅酸体是微小的球形或近于球形的多面体,其大小远小于其他类型的硅酸体。在嵩草属植物中,仅某些类群的居群中偶有出现,见图版 II :5。

2.1.5 气孔器硅酸体 气孔器硅酸体是硅酸化气孔器形成的,在嵩草属植物中仅分布于叶片的背轴面。作者根据硅化的程度将气孔器分为 3 类:气孔 I 型(stomata type I),气孔空腔仅经过一次硅酸质加厚;气孔 II 型(stomata type II),气孔空腔经过一次硅酸质加厚之外,气孔保卫细胞经过二次加厚;型气孔 III 型(stomata type III),气孔空腔经过一次硅酸质加厚外,保卫细胞和副卫细胞都经过第服次硅酸质加厚^[1],见图版 I :3,4,6,7。

2.1.6 板状硅酸体 板状硅酸体(plank type)是叶表皮长方形铰合细胞整体硅化形成的,在叶片的向轴面和背轴面都有;见图版 III :2,8,图版 II :4。板状硅酸体在各样品中含量较少,居群间差异不大。但有些类群样品中,具有极为特殊的板状硅酸体。其分布基本无规律可循。

表 1 嵩草组植物硅酸体类型

Table 1 The patterns of leaf phytolith system in sect. *Kobresia*

种名 Species name	莎草 I 型 Cyper I	莎草 II 型 Cyper II	角状 Horn type	瘤状 Tumour type	气孔器 Stomata type	板状 Plank type
<i>K. kunsuensis</i>	+	VA	I	-	I,II,III	+
<i>K. royleana</i>	+	V	I	-	II,III	+
<i>K. stenocarpa</i>	+	V	I	-	II,III	+
<i>K. uncinoides</i>	+	A	I	-	I	+
<i>K. fragilis</i>	+	A	I	-	-	-

2.2 嵩草属三个组的硅酸体系统分析研究

2.2.1 嵩草组(sect. *Kobresia*)植物的硅酸体系统特征 嵩草组中各种类的共同特征比较一致,一般来讲形态上较为原始的种类叶片硅酸体相发育较完备,也就是说本组植物叶片硅酸体构成中包括莎草 II 型,角状硅酸体 I 型以及气孔器硅酸体等各类硅酸体。

本组植物在所有分析样品的叶片中都含有三列角状硅酸体,所以都为角状 I 型。莎草 II 型硅酸体的排布特征主要为 A 和 V 类型。硅酸质砂粒不发育。气孔器硅酸体为 3 类:气孔 I 型;气孔 II;型气孔 III 型。板状硅酸体发育。具体观察数据见表 1:

2.2.2 穗状嵩草组(sect. *Elyna*)植物的硅酸体系统特征 穗状嵩草组包含的种类较多,常见的有北方嵩草(*K. bellardii*)、截形嵩草(*K. cuneata*)、线叶嵩草(*K. capillifolia*)、线状嵩草(*K. capilliformis*)、粗壮嵩草(*K. robusta*)和矮嵩草(*K. humillis*)等,本文分别对这些种类进行了分析研究,表明:在所有分析样品中都含有形态不一的角状硅酸体。多数种类角状硅酸体仅分布在叶片两侧边缘上而缺中列,因此本组植物多只含有角状硅酸体排布相的 II 型。本组少数种类含有角状硅酸体 I 型(如矮嵩草及其近缘类群),有的种类两者兼有(如线形嵩草 *K. filifolia* 等)。莎草 II 型硅酸体的排布只含有类型 M、X 和

V 型。莎草 I 型硅酸体是典型的空心帽状,这类硅酸体在分析样品间差别不大。硅酸质砂粒一般不发育。具有气孔 I 型;气孔 II;型气孔 III 型。板状硅酸体在各样品中含量较少,居群间差异不大。

穗状嵩草组(sect. *Elyna*)多数种类的特征为具

有 II 型角状硅酸体以及 M 和 X 型莎草 II 型硅酸体相。总的来说,矮嵩草、*K. pusilla* 和波斯嵩草(*K. persica*)硅酸体特征更近于嵩草组的特征。线状嵩草和截形嵩草同其他类群也有较大差异,其规律性和系统关系尚需进一步研究。具体观察数据见表 2。

表 2 穗状嵩草组植物硅酸体类型

Table 2 The patterns of leaf phytolith system in sect. *Elyna*

种名 Species name	莎草 I 型 Cyper I	莎草 II 型 Cyper II	角状 Horn type	硅质砂 Sands	气孔器 Stomata type	板状 Plank type
<i>K. bellardii</i>	+	M	II	-	III	+
<i>K. capillifolia</i>	+	X	II	+	(I),II	-
<i>K. capilliformis</i>	+	V	I,II	-	(I),II	-
<i>K. cuneata</i>	+	V	I,II	-	(I),III	-
<i>K. filifolia</i>	+	MX	I,II	-	III	-
<i>K. macroprophylla</i>	+	MX	I,II	-	III	-
<i>K. yushuensis</i>	+	M	II	-	-	-
<i>K. setchuanensis</i>	+	M	II	-	-	-
<i>K. deacyi</i>	+	X	II	+	II	-
<i>K. schoenoides</i>	+	MX	II	+	II	-
<i>K. tibetica</i>	+	MX	II	+	II	-
<i>K. littelidalei</i>	+	MX	II	+	II	+
<i>K. humillis</i>	+	V	I	-	-	II,III
<i>K. pusilla</i>	+	V	I	-	II,III	+
<i>K. persica</i>	+	V	I	-	-	II,III

表 3 拟苔草组植物硅酸体类型

Table 3 The patterns of leaf phytolith system in sect. *Hemicarex*

种名 Species name	莎草 I 型 Cyper I	莎草 II 型 Cyper II	角状 Horn type	硅质砂 Sands	气孔器 Stomata type	板状 Plank type
<i>K. prattii</i>	+	M	II	+	-	+
<i>K. prainii</i>	+	M	II	+	-	+
<i>K. pygmaeae</i>	+	M	II	-	III	-
<i>K. nepalensis</i>	+	XMV	II,I	+	II	-
<i>K. angusta</i>	+	M	II	+	-	-
<i>K. microglochii</i>	+	X	II	+	-	+
<i>K. parva</i>	+	X	II,I	+	-	+
<i>K. graminifolia</i>	+	AV	II,I	-	-	-

2.2.3 拟苔草组(sect. *Hemicarex*)植物的硅酸体系特征 拟苔草组植物各居群的角状硅酸体的形态变化大,其中短轴嵩草(*K. prattii*)、单性嵩草(*K. prainii*)、尼泊尔嵩草(*K. nepalensis*)、小嵩草(*K. parva*)、长轴嵩草(*K. microglochii*)等种类的硅酸体系统特征同嵩草属其他种类有较大的差异。

本组植物种类基本都含有角状硅酸体角 II 型(除禾叶嵩草(*K. graminifolia*)为角状 I 型),莎草 II 型硅酸体的排布特征具有 A、V、M、X 各类型。在分析样品中莎草 II 型硅酸体排布相变化幅度相当大,有些样品中排布式近于苔草属(*Carex*),如长轴嵩草

和短轴嵩草。硅酸质砂粒不发育。多数种类不发育气孔器硅酸体。许多种类如小嵩草、短轴嵩草、单性嵩草发育瘤状硅酸体,这种特征也近似于苔草属的某些类群。

总的来说,拟苔草组中短轴嵩草、单性嵩草、尼泊尔嵩草的硅酸体特征近于苔草属,而高山嵩草(*K. pygmaeae*)的特征则近于穗状嵩草组,禾叶嵩草近于嵩草组。具体观察数据见表 3。

2.3 同苔草属(*Carex*)硅酸体系统的比较分析

将苔草属某些代表类群同嵩草属做了比较分析研究,见图版 I:1,5,图版 II:11,结果表明:苔草

属硅酸体系统特征同嵩草属有明显区别。首先在莎草 I 型方面,苔草属除大的中心颗粒外尚有 4~6 个较大的副颗粒,而嵩草属只有一个较大的中心颗粒,副颗粒小、多而散乱^[1]。苔草属的莎草 II 型排布相只有 AV 型,而嵩草属各种式样比较完备。在所分析的样品中,苔草属的角状硅酸体均为 I 型而无 II 型,而嵩草属包括以上两种式。苔草属气孔气硅酸

体一般不发育(除复穗苔草组 sect. *Indocarex* 外),而瘤状硅酸体一般较为发育;在这方面嵩草属恰好相反。复穗苔草组同嵩草属嵩草组某些类群的硅酸体系统特征较为相似,显示出在系统发育方面某些联系。嵩草属拟苔草组的很多类群具有类似于苔草属的硅酸体特征,表明他们同苔草属可能有较为密切的亲缘关系。具体情况如表 4。

表 4 嵩草属和苔草属植物硅酸体类型比较

Table 4 The comparison of the patterns of leaf phytolith system between the genus *Kobresia* and *Carex*

种名 Species name	莎草 I 型 Cyper I	莎草 II 型 Cyper II	角状 Horn type	硅质砂 Sands	气孔器 Stomata type	板状 Plank type
sect. <i>Indocarex</i>	+	AV	I	—	III	+
sect. <i>Carex</i>	+	AV	I	+	—	+
sect. <i>Kobresia</i>	+	AV	I	—	I, II, III	+
sect. <i>Elyna</i>	+	MX	II	—	II, III	+
sect. <i>Hemicarex</i>	+	AVMX	I, II	+ —	—	+

3 结 论

(1)植物硅酸体系统研究方法在嵩草属及其临近属的系统发育和植物地理学研究方面具有一定的意义,通过本文的研究认为:嵩草属及其邻近类群在属间、种间及种下水平的比较研究都可以借助植物硅酸体系统研究的证据。

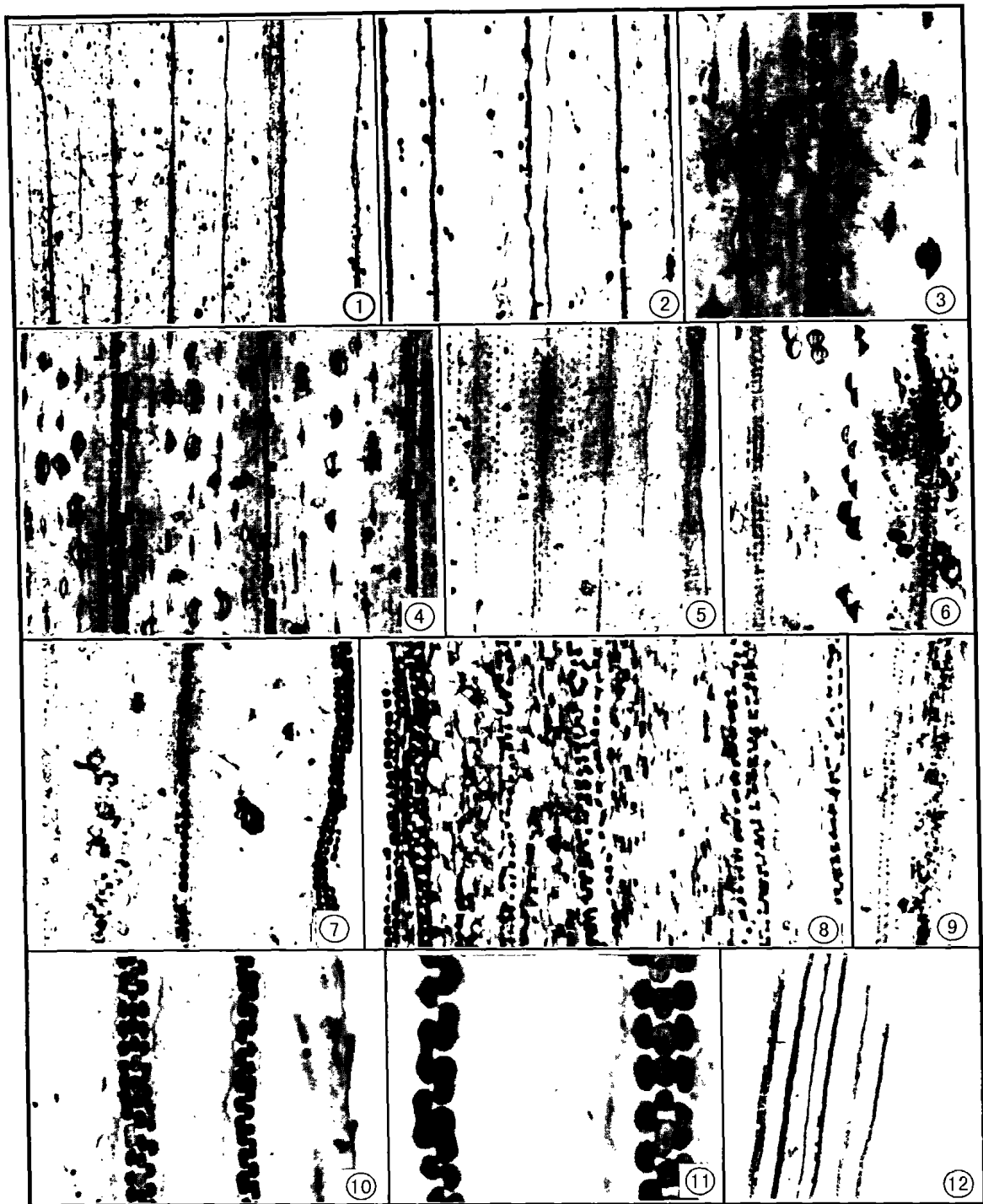
(2)嵩草属原始类群嵩草组具有较为复杂、类型完备的叶片硅酸体系统,显示出嵩草属内叶片硅酸体系统特征的演化方向是从较为完备的硅酸体灰相向穗状嵩草组、拟苔草组种类中出现的各种灰相形式简化的趋势。

(3)穗状嵩草组的多数种类硅酸体系统特征具有较高的一致性,但矮嵩草及其近缘种同其他 sect. *Elyna* 种类有所不同而更接近于嵩草组,它很可能有一个不同于其他 sect. *Elyna* 的 sect. *Kobresia* 亲缘。

(4)从硅酸体系统特征的分析研究来看,拟苔草组的一些种接近于穗状嵩草组(如高山嵩草),一些种接近于嵩草组(如禾叶嵩草),除此之外,很多种具有较大的特殊性(如短轴嵩草等)而类似于苔草属植物硅酸体的某些特征,它们同嵩草属和苔草属之间的系统关系尚需进一步研究。

参考文献:

- [1] 邓德山. 莎草科植物硅酸体的研究[J]. 广西植物, 1998, 18(3): 204—208.
- [2] Metcalfe C R. Anatomy of the monocotyledon, Vol. 5 Cyperaceae[M]. London: Clarendon Oxford, 1971.
- [3] Mehra P N. Epidermal silica cell in the Cyperaceae[J]. *Bot Gaz*, 1965, 126(1): 53—58.
- [4] Rajbhandari K R, et H. Ohba. Epidemal mocostructure of the leaf, prophyll and nut in the Himalaya species of *Kobresia*(Cyperaceae)[J]. *Bot Magaz Tokyo*, 1988, 101(1 062): 185—202.
- [5] 张树仁, 戴伦凯, 梁松筠. 嵩草属地理分布研究[J]. 植物分类学报, 1995, 33(2): 144—160.
- [6] Dayanandan P. Detection of silica in plants[J]. *Amer J Bot*, 1983, 70(7): 1 079—1 084.
- [7] Salo V, Pykala J, Toivonen H. Achene epidermis in the *Carex flava* complex (Cyperaceae) studies by scanning electron microscopy[J]. *Ann. Bot. Fenn.*, 1994, 31: 45—52.
- [8] 张树仁, 戴伦凯, 梁松筠. 苔草属复序苔草亚属植物果皮的扫描电镜观察[J]. 广西植物, 2000, 20(2): 185—188.



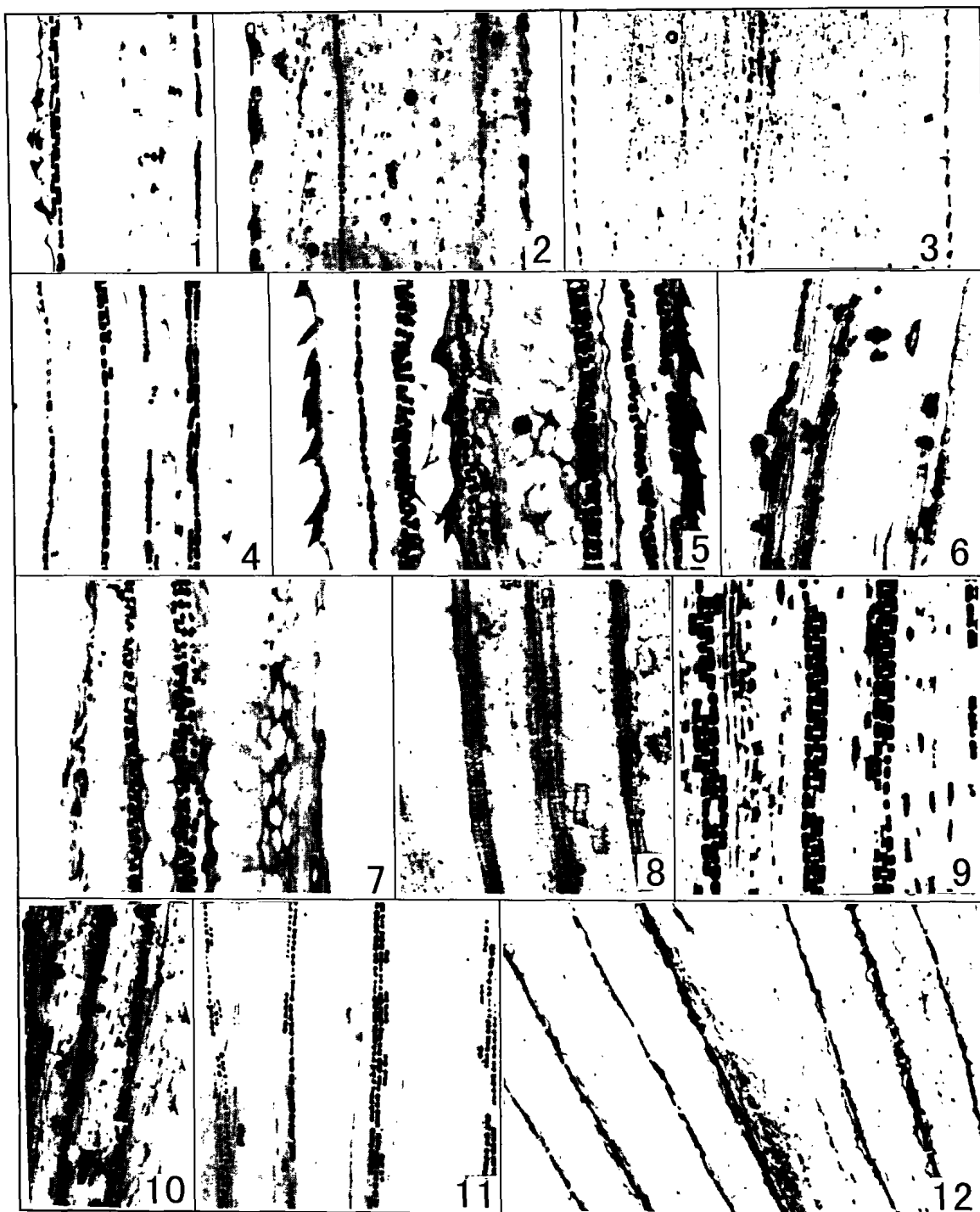
1. *Indocarex* 叶片背轴面灰相(介于 *Kobresia* 和 *Carex* 之间,具有气孔器硅酸体也有瘤状 $\times 28.25$); 2. *Kobresia rolyeana* 叶片背轴面灰相示 V 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 3. *K. kansuensis* 叶片背轴面灰相(示各类气孔器硅酸体及莎 II 型硅酸体) $\times 282.48$; 4. *K. kansuensis* 叶片背轴面灰相,示各类气孔器硅酸体 $\times 70.62$; 5. *Indocarex* 叶片背轴面灰相(示多列气孔器硅酸体 $\times 28.25$); 6. *K. pygmaea* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 7. *K. stenocarpa* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 8. *K. rolyeana* 叶片背轴面灰相,示 A 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 9. *K. bellardii* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 10. *K. sichuanensis* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 141.24$; 11. *K. sichuanensis* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 282.48$; 12. *K. pygmaea* 叶片背轴面灰相,示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 28.25$ 。

邓德山：
DENG De-shan:

图版 II
Plate II



1. *K. persica* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体 $\times 28.25$; 2. *K. humilis* 叶片背轴面灰相, 示 V 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 3. *K. mishanica* 叶片背轴面灰相, 示 A 型莎草 II 型硅酸体 $\times 28.25$; 4. *K. cuneata* 叶片背轴面灰相, 示 V 型莎草 II 型硅酸体、角 I 型及气孔器 $\times 70.62$; 5. *K. macrantha* (硅质砂) $\times 70.62$; 6. *K. capillifolia* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 7. *K. rolyeana* 叶片向轴面灰相, 示两列角状及板状硅酸体 $\times 70.62$; 8. *K. kansuensis* 叶片向轴面灰相示板状和石英砂 $\times 70.62$; 9. *Scleria hookeriana* 叶片背轴面灰相, 示莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 10. *K. pygmaea* 特殊的气孔器硅酸体排列 $\times 28.25$; 11. *Carex moorcroftii* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体及瘤状 $\times 70.62$; 12. *K. capilliformis* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$ 。



1. *K. yushuensis* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体及气孔器硅酸体 $\times 70.62$; 2. *K. filifolia* var. *macrophylla* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体及角状硅酸体 $\times 70.62$; 3. *K. filifolia* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体及角 I 型 $\times 28.25$; 4. *K. prattii* 叶片背轴面灰相, 示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 5. *K. graminifolia* 叶片背轴面灰相, 示 V 型莎草 II 型硅酸体及角状 I 型 $\times 70.62$; 6. *K. prairii* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 7. *K. nepalensis* 叶片背轴面灰相, 示 X 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 8. *K. shoenoides* 叶片背轴面灰相, 示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 9. *K. littledalei* 叶片背轴面灰相, 示 M 型莎草 II 型硅酸体及气孔器硅酸体 $\times 70.62$; 10. *K. deasyi* 叶片背轴面灰相, 示 M 型莎草 II 型硅酸体 $\times 70.62$; 11. *K. uncinoides* 叶片背轴面灰相, 示 A 型莎草 II 型硅酸体及气孔器硅酸体 $\times 28.25$; 12. *K. pusilla* 叶片背轴面灰相, 示 V 型莎草 II 型硅酸体及气孔器硅酸体 $\times 28.25$ 。