

中国独行菜族部分属种的叶表皮观察

孙稚颖^{1,2}, 李法曾^{2*}

(1. 山东中医药大学药学院, 济南 250355; 2. 山东师范大学生命科学学院, 济南 250014)

摘要: 利用光学显微镜对中国十字花科独行菜族部分广布属及相关属植物进行了叶表皮微形态学观察研究, 结果表明: 所研究的中国独行菜族植物叶表皮微形态具有多样性, 可以划分为两种类型: 第一类, 叶上下表皮同形或近同形, 叶表面被单毛或光滑无毛, 包括独行菜属、群心菜属、菘蓝属和菥蓂属; 第二类, 叶上下表皮不同形, 叶表面被分支毛和单毛, 包括芥属和亚麻芥属; 叶表皮微形态结果支持芥属应从独行菜族中移出, 独行菜族是一多系类群, 同时认为芥属与亚麻芥属植物具有较近的亲缘关系。

关键词: 独行菜族; 叶表皮; 系统学; 中国

中图分类号: Q944.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2008)04-0431-06

Observation on the leaf epidermis of partial genera and species of Lepidieae from China

SUN Zhi-Ying^{1,2}, LI Fa-Zeng^{2*}

(1. College of Chinese Medicine, Shandong University of Traditional Chinese Medicine, Ji'nan 250355, China; 2. College of Life Science, Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China)

Abstract: Leaf epidermal features of partial genera and related genera of Lepidieae (Brassicaceae) from China were investigated by using light microscopy(LM). The results show: the studied species of Lepidieae from China have diversity in the leaf features and they can be divided into two types: first, the morphology of the upper epidermis and the lower epidermis is similar, and with simple trichomes or glabrous on the leaf surface, including *Lepidium*, *Cardaria*, *Isatis* and *Thlaspi*; second, the morphology of lower epidermis is different from which of the upper epidermis, and with branched and simple trichomes on the leaf surface, including *Capsella* and *Camelina*. The results support that *Capsella* should moved out from Lepidieae, which is a polyphyletic group and *Capsella* is closely related to *Camelina*.

Key words: Lepidieae; leaf epidermis; systematics; China

独行菜族(Lepidieae)属十字花科, 1911年由Hayek建立, 约含40属, 我国约20属(周太炎等, 1987), 其中独行菜属为模式属, 约180种, 是十字花科中一个较大的属。独行菜族植物因其具有典型的短角果, 长期被认为是一个自然类群(Al-Shehbaz, 1984; Zunk等, 1999; 吴征镒等, 2003), 但近来分子系统学研究(Mitchell & Heenan, 2000; Koch等, 2001)证明独行菜族是一个多系类群。Koch等(2001)基于叶绿体编码基因 *matK* 和核 CHS 序列,

O'Kane 和 Al-Shehbaz(2003)基于核 DNA 的 ITS 序列认为, 独行菜族的芥属与南芥族的拟南芥属的关系要比与独行菜族的独行菜属、菥蓂属都近缘。1936年, Schulz 将亚麻芥属放在大蒜芥族中, 《中国植物志》(第33卷)沿用这一处理, 而在《中国被子植物科属综论》(吴征镒等, 2003)中将其移入独行菜族。那么, 独行菜族是否是一个多系类群? 广布属芥属是否应移出独行菜族? 亚麻芥属与谁近缘? 这些问题值得进一步研究。叶表皮特征在一定程度上

收稿日期: 2007-03-05 修回日期: 2007-08-26

基金项目: 山东省自然科学基金(Z-2002 D04)[Supported by Natural Science Foundation of Shandong Province(Z-2002 D04)]

作者简介: 孙稚颖(1971-), 女, 山东省滕州市人, 博士, 讲师, 主要从事植物分类与资源研究。

* 通讯作者(Author for correspondence)

能反映出类群间的系统学关系(陈之端等,1991;任辉等,2003),但到目前为止,对中国独行菜族叶表皮特征研究尚未见报道。本文对中国独行菜族部分广布属及相关属 20 种代表植物,进行了叶表皮微形态的观察,旨为十字花科独行菜族的系统学研究提供新的资料。

1 材料和方法

研究材料均为成熟的叶片,取自腊叶标本,凭证标本(表 1)存放在山东师范大学生命科学学院标本

室(SDNU)。叶表皮制片,取茎中部成熟叶,沸水浴 10~20 min,置 37 °C 恒温箱中,20% NaOCl 溶液离析,待材料呈乳白色时,蒸馏水漂洗,撕取叶片中部近主脉一侧叶上下表皮,用 1% 的番红染色,再经梯度乙醇脱水,二甲苯透明,中性树脂永久封片,光学显微镜下观察拍照。本文所用术语参考 Dilcher (1974)和 Wilkinson(1979)。

2 结果

见表 2。

表 1 材料来源
Table 1 Origin of materials

分类群 Taxon	采集地 Locality	凭证标本 Voucher
宽叶独行菜 <i>Lepidium latifolium</i>	新疆乌鲁木齐市妖魔山	孙稚颖(Z. Y. Sun),鲁法军(F. J. Lu)0405031(SDNU)
北美独行菜 <i>L. virginicum</i>	山东青岛崂山	孙稚颖(Z. Y. Sun)03026,03025(SDNU)
绿独行菜 <i>L. campestra</i>	山东青岛崂山	孙稚颖(Z. Y. Sun)2003027(SDNU)
家独行菜 <i>L. sativum</i>	吉林省抚松县蔓江前山下	王崇书(C. S. Wang),张志和(Z. H. Zhang)78号(NAS)
群心菜 <i>Cadaria draba</i>	新疆乌鲁木齐中国科学院院内	孙稚颖(Z. Y. Sun),鲁法军(F. J. Lu)0405001(SDNU)
球果群心菜 <i>C. draba</i> subsp. <i>chalepensis</i>	新疆乌鲁木齐谢家沟	孙稚颖(Z. Y. Sun)0405067(SDNU)
菘蓝 <i>Isatis tinctoria</i>	山东胶南	赵家新(J. X. Zhao) (SDNU)
三肋菘蓝 <i>I. costata</i>	新疆巩留夏尔湖	孙稚颖(Z. Y. Sun)0405109(SDNU)
菥蓂 <i>Thlaspi arvense</i>	新疆乌鲁木齐中国科学院院内	孙稚颖(Z. Y. Sun),鲁法军(F. J. Lu)0405005(SDNU)
山菥蓂 <i>Th. cochleariforme</i>	海拉尔西山	王站等(Z. Wang et al.)504号(IFP)
云南菥蓂 <i>Th. yunnanense</i>	维西沧江边	采集人不详(Anonymous)Feng 3825(PE)
芥 <i>Capsella bursa-pastoria</i>	山东师范大学校园	孙稚颖(Z. Y. Sun)001(SDNU)
亚麻芥 <i>Camelina sativa</i>	新疆阿勒泰县齐白岭	朱格麟(G. L. Zhu)6199(PE)
小果亚麻芥 <i>C. microcarpa</i>	新疆乌鲁木齐市郊区	樊守金(F. J. Fan)07006(SDNU)
多型大蒜芥 <i>Sisymbrium polymorphum</i>	新疆青河林场	李法曾(F. C. Li),鲁法军(F. J. Lu)03071(SDNU)
无毛全叶大蒜芥 <i>S. luteum</i> var. <i>glabrum</i>	山东崂山蔚竹庵	李法曾(F. C. Li),孙稚颖(Z. Y. Sun)03036(SDNU)
无毛大蒜芥 <i>S. brassici forme</i>	新疆乌鲁木齐市黑山头	孙稚颖(Z. Y. Sun),鲁法军(F. J. Lu)0405012(SDNU)
拟南芥 <i>Arabidopsis thaliana</i>	山东艾山	李法曾(F. C. Li),孙稚颖(Z. Y. Sun)041070(SDNU)
叶芽拟南芥 <i>A. halleri</i> subsp. <i>gemmifera</i>	吉林长白山温泉	孙稚颖(Z. Y. Sun),曲畅游(C. Y. Qu)0405146(SDNU)
琴叶拟南芥 <i>A. lyrata</i> subsp. <i>kamchatica</i>	吉林长白山温泉	孙稚颖(Z. Y. Sun),曲畅游(C. Y. Qu)0405147(SDNU)

表 2 中国独行菜族部分属种及相关属植物叶表皮特征
Table 2 Leaf epidermal features of some genera and species of Lepidieae from China

分类群 Taxon	叶上表皮 Upper epidermis			叶下表皮 Lower epidermis			毛 Trichome	图版 Plate
	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal wall	气孔类型 Type of stomatal apparatus	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal wall	气孔类型 Type of stomatal apparatus		
宽叶独行菜 <i>Lepidium latifolium</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	无	Plate I : 5~6
北美独行菜 <i>L. virginicum</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	单毛	Plate I : 1~2
绿独行菜 <i>L. campestra</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	长硬单毛 simple	Plate I : 7~8
家独行菜 <i>L. sativum</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	无	Plate I : 3~4
群心菜 <i>Cadaria draba</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型, 平列型	长硬单毛	Plate I ; 11~12

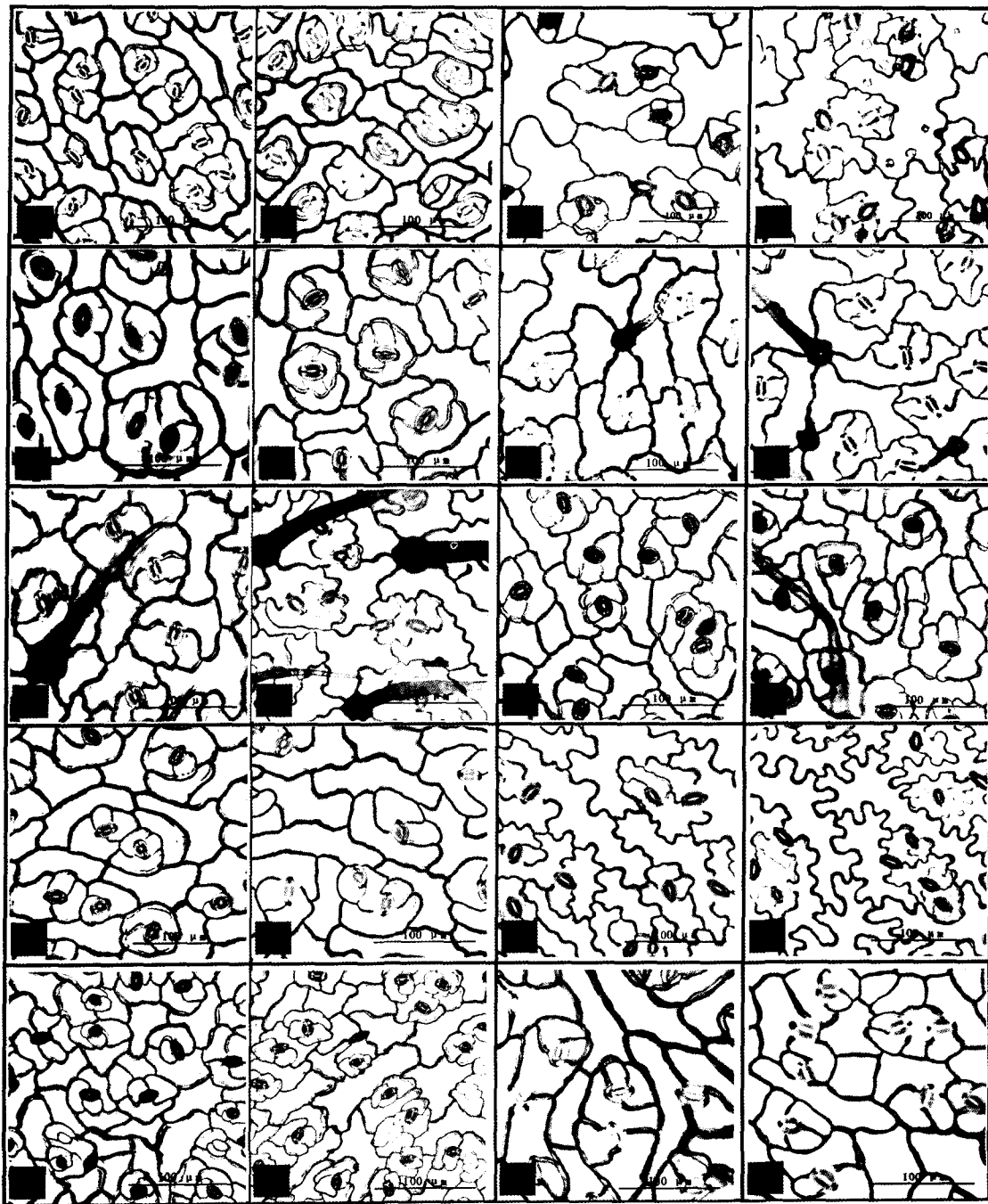
续表 2

分类群 Taxon	叶上表皮 Upper epidermis			叶下表皮 Lower epidermis			毛 Trichome	图版 Plate
	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal wall	气孔类型 Type of stomatal apparatus	细胞形状 Shape of cells	垂周壁式样 Pattern of anticlinal wall	气孔类型 Type of stomatal apparatus		
球果群心菜 <i>C. draba</i> subsp. <i>chalepensis</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	长硬单毛	Plate I : 9~10
菥蓂 <i>Thlaspi arvense</i>	不规则形	深波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	深波	不等细胞型, 无规则型	无	Plate I : 15~16
山菥蓂 <i>Th. cochleariforme</i>	不规则形	弓形或浅波	不等细胞型,无 规则型,平列型	不规则形	浅波	不等细胞型, 平列型	无 glabrous	Plate I : 13~14
云南菥蓂 <i>Th. yunnanense</i>	不规则形	弓形或浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	弓形或浅波	不等细胞型, 无规则型	无	Plate I : 17~18
菘蓝 <i>Isatis tinctoria</i>	不规则 多边形	弓形或 平直	不等细胞型, 无规则型	不规则多边形	弓形或 平直	不等细胞型, 无规则型	无	Plate I : 19~20
三肋菘蓝 <i>I. costata</i>	不规则形	波状至深波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状至深波	不等细胞型, 无规则型	无	Plate II : 21~22
芥 <i>Capsella bursa-pastoria</i>	不规则 多边形	弓形至 浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	深波	不等细胞型, 无规则型	硬单毛和贴 伏星状毛	Plate II : 23~24
亚麻芥 <i>Camelina sativa</i>	不规则 多边形	弓形	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	单毛和具 柄分枝毛	Plate II : 25~26
小果亚麻芥 <i>C. microcarpa</i>	不规则 多边形	弓形	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	单毛和具 柄分枝毛	Plate II : 27~28
无毛大蒜芥 <i>Sisymbrium bras-siciforme</i>	不规则 多边形	弓形或 平直	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	无毛	Plate II : 33~34
多型大蒜芥 <i>S. polymorphum</i>	不规则 多边形	弓形或平直	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	无毛 glabrous	Plate II : 29~30
无毛全叶大蒜芥 <i>S. luteum</i> var. <i>glabrum</i>	不规则 多边形	弓形或平直	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状	不等细胞型, 无规则型	无毛	Plate II : 31~32
拟南芥 <i>Arabidopsis thaliana</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状至深波	不等细胞型, 无规则型	单毛和具 柄分枝毛	Plate II : 35~36
叶芽拟南芥 <i>A. halleri</i> ssp. <i>gemmifera</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状至深波	不等细胞型, 无规则型	单毛和具 柄分枝毛	Plate II : 37~38
琴叶拟南芥 <i>A. lyrata</i> ssp. <i>kamchatica</i>	不规则形	浅波	不等细胞型, 无规则型	不规则形	波状至深波	不等细胞型, 无规则型	单毛和具 柄分枝毛	Plate II : 39~40

3 分析与讨论

通过叶表皮微形态观察发现,所研究十字花科植物叶表皮细胞形态多为不规则形,少为不规则多边形,细胞垂周壁为弓形、浅波、波状或深波状;气孔器类型多为不等细胞型,兼有少量无规则型。根据叶表皮特征,所研究的中国独行菜族广布属种及相关属植物可以明显分为两类:第一类,叶上下表皮同形,叶表面被单毛或光滑无毛,包括独行菜属、群心菜属、菘蓝属和菥蓂属;第二类,叶上下表皮不同形,包括芥属、亚麻芥

属、拟南芥属和大蒜芥属植物,该类型根据叶表面被毛情况又可以分为两个亚类,第一亚类包括芥属、亚麻芥属和拟南芥属,叶表面被分支毛和单毛;第二亚类为大蒜芥属植物,叶表面光滑或仅被单毛。独行菜族因具有典型的短角果长期被认为是自然类群(AI-Shehbaz, 1984; Zunk 等, 1999; 吴征镒等, 2003),但 Koch 等(2001)的叶绿体编码基因 *matK* 和核基因 CHS 序列分析结果强烈表明独行菜族是多系的,他们认为传统上这个族的界定主要依据窄隔膜果实,而此性状的演化具有强烈的趋同性。本实验结果表明,芥属植物的叶表皮特征明显不同于其它独行菜族植物,因此,叶表皮微形态



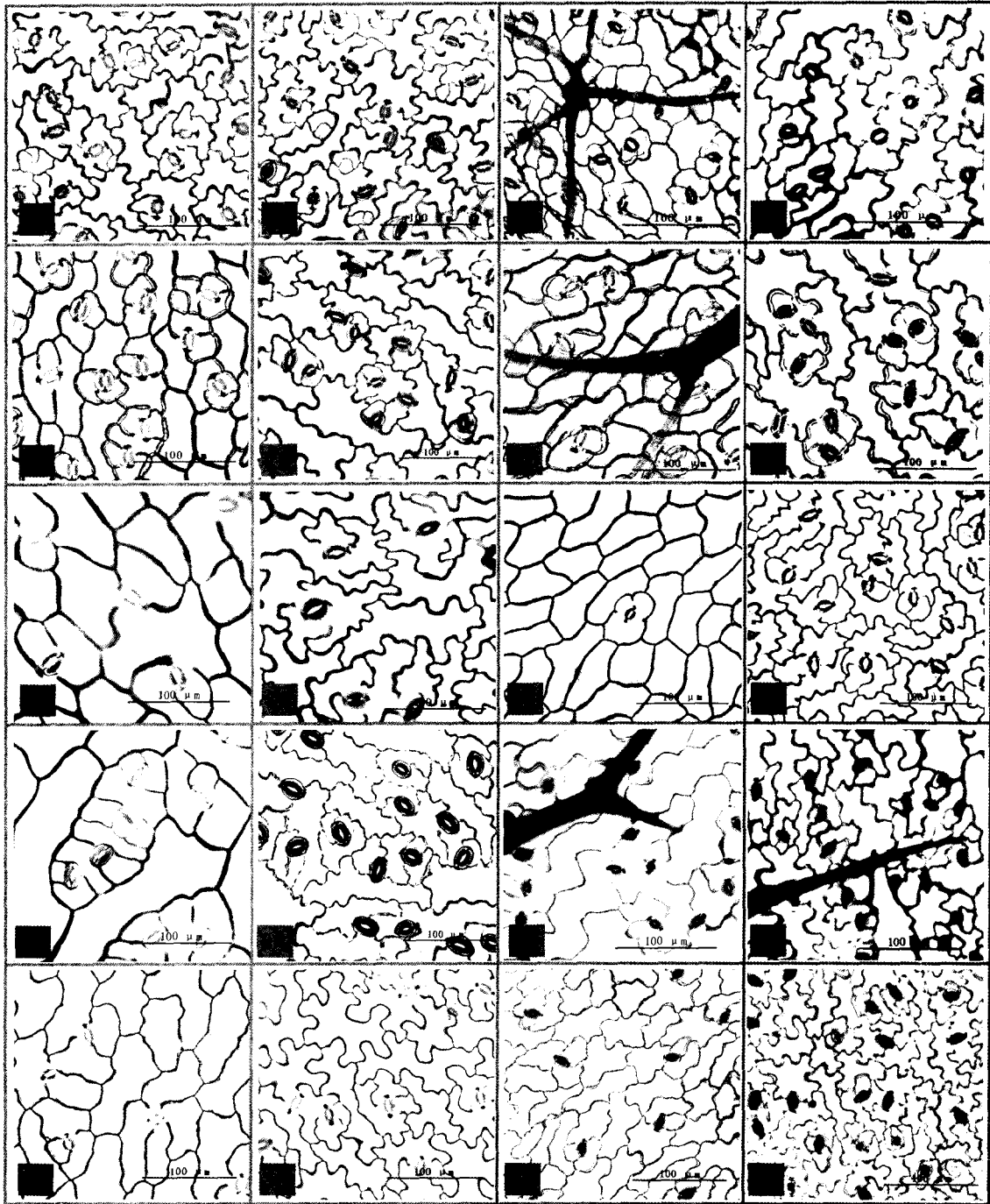
图版 I 中国独行菜族部分属种及相关属植物的叶表皮形态 1-2. 北美独行菜; 3-4. 家独行菜; 5-6. 宽叶独行菜; 7-8. 绿独行菜; 9-10. 球果群心菜; 11-12. 群心菜; 13-14. 山苜蓿; 15-16. 苜蓿; 17-18. 云南苜蓿; 19-20. 菘蓝。注: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 为叶上表皮; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 为叶下表皮。

Plate I Leaf epidermis of partial genera and related genera of Lepidieae from China 1-2. *Lepidium virginicum*; 3-4. *L. sativum*; 5-6. *L. latifolium*; 7-8. *L. campestris*; 9-10. *Cadaria draba* subsp. *chalepensis*; 11-12. *C. draba*; 13-14. *Thlaspi cochleariforme*; 15-16. *Th. arvense*; 17-18. *Th. yunnanense*; 19-20. *Isatis tinctoria*. Note: 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19 the upper epidermis; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 the lower epidermis

研究结果支持将芥属移出独行菜族, 同时表明独行菜族是一多系类群。

Schulz(1936)依据花和果实特征, 即芥属: 开裂, 窄

隔膜; 亚麻芥属: 开裂, 近宽隔膜, 将芥属与亚麻芥属分到不同的族中, 而本实验的叶表皮微形态研究结果表明芥属与亚麻芥属属于同一种类型, 这两个属关系可



图版 II 中国独行菜族部分属种及相关属植物的叶表皮形态 21-22. 三肋菘蓝; 23-24 芥菜; 25-26 亚麻芥; 27-28 小果亚麻芥; 29-30 多型大蒜芥; 31-32 无毛全叶大蒜芥; 33-34 无毛大蒜芥; 35-36 拟南芥; 37-38 叶芽拟南芥; 39-40 琴叶拟南芥。注: 21、23、25、27、29、31、33、35、37、39 为叶上表皮; 22、24、26、28、30、32、34、36、38、40 为叶下表皮。

Plate II Leaf epidermis of partial genera and related genera of Lepidieae from China 21-22. *Isatis costata*; 23-24. *Capsella bursa-pastoria*; 25-26. *Camelina sativa*; 27-28. *C. microcarpa*; 29-30. *Sisymbrium polymorphum*; 31-32. *S. luteum* var. *glabrum*; 33-34. *S. brassiciforme*; 35-36. *Arabidopsis thaliana*; 37-38. *A. halleri* subsp. *gemmifera*; 39-40. *A. lyrata* subsp. *kamchatica*. Note: 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39 the upper epidermis; 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40 the lower epidermis

能很近,这与它们在形态性状上具有的相似特征相吻合,例如:茎生叶均无柄,叶基箭形抱茎,内轮萼片基部不呈囊状,无中蜜腺,种子子叶背倚,遇水变粘,染色体

基数均为 8 等。Zunk 等(1999)通过分析独行菜族的叶绿体 DNA 的限制性位点变异认为芥属与亚麻芥属植物之所以具有相似性特征原因是它们有共同的祖先。

此外,这两个属的脂肪酸和芥子油苷成分也是非常相似的,而不同于其他十字花科植物(Lockwood & Belkhir, 1991)。在 Beilstein 等(2006)通过对十字花科植物叶绿体 *ndhF* 基因的研究所构建的分子树中,芥属与亚麻芥属植物其系统位置也很靠近。综合以上分析,本研究认为芥属与亚麻芥属具有较近的亲缘关系。

参考文献:

- 吴征镒,路安民,汤彦承,等. 2003. 中国被子植物科属综论[M]. 北京:科学出版社:505—521
- 周太炎,郭荣麟,蓝永珍,等. 1987. 中国植物志(第33卷)[M]. 北京:科学出版社:1—453
- Al-Shehbaz IA. 1984. The tribes of the Cruciferae(Brassicaceae) in the southeastern United States[J]. *J Arnold Arboretum*, **65**: 343—373
- Bailey CD, Koch MA, Mayer M, et al. 2006. Brassicaceae phylogeny and trichome evolution[J]. *Am J Bot*, **93**(4):607—619
- Chen ZD(陈之端), Zhang ZY(张志耘). 1991. A study on foliar epidermis in Betulaceae(桦木科植物叶表皮的研究)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **29**(2):156—163
- Dilcher DL. 1974. Approaches to the identification of angiosperm leaf remains[J]. *Bot Review*, **40**(1):1—157
- Koch M, Haubold B, Mitchell-Olds T. 2001. Molecular systematics of the Brassicaceae: evidence from coding plastidic MatK and nuclear CHS sequences[J]. *Am J Bot*, **88**(2):534—544
- Lockwood GB, Belkhir A. 1991. Glucosinolate spectrum of some Algerian Cruciferae[J]. *Plant Syst Evol*, **176**:11—20
- Mitchell AD, Heenan PB. 2000. Systematic Relationships of New Zealand Endemic Brassicaceae Inferred from nrDNA Sequence Data[J]. *Systematic Bot*, **25**(1):98—105
- O'Kane, Steve L, Al-shehbaz Ihsan A. 2003. Phylogenetic position and generic limits of Arabidopsis(Brassicaceae) based on nuclear ribosomal DNA[J]. *Annals Missouri Bot Garden*, **90**:603—612
- Ren H(任辉), Pan KY(潘开玉), Chen ZD(陈之端), et al. 2003. Structural characters of leaf epidermis and their systematic significance in Vitaceae(葡萄科植物叶表皮特征及其系统学意义)[J]. *Acta Phytotax Sin*(植物分类学报), **41**(6):531—534
- Schulz OE. 1936. Crucifera(C)//Engler A, Prantl K eds. Die Nat Pflanzenfam, band 17B[M]. Leipzig: Verlag von Wilhelm Engelmann, 227—658
- Wilkinson HP. 1979. The Plant Surface(mainly leaf)(C)//Metel-fe C R, Chalk L(eds). Anatomy of the Dicotyledon. Clarendon Press. Oxford, (2nd ed.) 1:97—114, 143—161
- Zhou TY, Lu LL, Yang G, et al. 2001. Brassicaceae(C)//Wu ZY, Raven PH eds. Flora of China. vol 8. Beijing: Science Press; St. Louis, the Missouri Botanical Garden Press
- Zunk K, Mummenhoff K, Hurka H. 1999. Phylogenetic relationships in tribe Lepidieae(Brassicaceae) based on chloroplast DNA restriction site variation[J]. *Canadian J Bot*, **77**(2):1504—1512

(上接第552页 Continue from page 552)

棚保温遮荫控制湿度;然后选择直径0.70 cm粗的穗条作插穗,用150 mg/L浓度的ABT生根粉溶液浸泡2h后扦插,随采随插,插后加强水分和温度的控制;生根成活后用肥+尿素配制的混合肥进行追肥。

参考文献:

- 许再富. 1997. 中国植物园植物多样性迁地保护的现状和对策[M]. 北京:中国环境科学出版社
- 许再富,陶国达. 1992. 主要珍稀濒危树种繁殖技术[M]. 北京:中国林业出版社
- 何平. 2005. 珍稀濒危植物保护生物学[M]. 云南:西南师范大学出版社
- 国家环境保护局. 1987. 中国珍稀濒危保护植物名录[M]. 北京:科学出版社
- 彭少麟. 2003. 广东珍稀濒危植物[M]. 广东:科学出版社
- 傅立国. 1989. 中国珍稀濒危植物[M]. 上海:教育出版社
- 傅立国. 1991. 中国植物红皮书——珍稀濒危植物[M]. 北京:科学出版社
- Cameron RJ. 1969. The vegetative propagation of *Pinus radiata* root initiation on cuttings[J]. *Bot Gaz*, **130**(4)
- Farjon A. 1989. Second revision of the genus *Keteleeria* Carriere (Taxonomic notes on Pinaceae II)[J]. *Notes RBG Edinb*, **46**(1):81—99
- Gong HJ(龚弘娟), Li JW(李洁维), Jang QS(蒋桥生), et al. 2008. Effects of different plant regulators on rooting of *Actinidia chinensis* cutting(不同植物生长调节剂对中华猕猴桃扦插生根的影响)[J]. *Guihaia*(广西植物), **28**(3):359—362
- Haissig BE. 1982. Activity of some glycolytic and pentose phosphate pathway enzymes during the development of adventitious roots[J]. *Physiol Plant*, **55**
- Vaughan JC. 1979. A multidisciplinary study of taxonomy and origin of *Brassica* crops[J]. *Bioscience*, (27):35—40