

高分辨裂解-气相色谱在前胡族系统分类中的应用

舒璞¹, 陈浩², 袁昌齐¹, 邹巧根², 余孟兰¹, 相秉仁²

(1. 江苏省植物研究所, 江苏南京 210014; 2. 中国药科大学, 江苏南京 210009)
中国科学院

摘要: 采用高分辨裂解-气相色谱法对前胡族(Peucedaneae Drude) 20属 35种植物的叶片成分进行分析, 经过聚类分析得出以下结果: 35种植物基本可分为3大类, 对应于3个亚族。阿魏亚族(Ferulinae Drude)的球根阿魏属(*Schumannia* Kuntze)、伊犁芹属(*Talassia* Korov.)和簇花芹属(*Soranthus* Ledeb.)均应为独立属。环翅芹亚族(Tordyliinae Drude)的四带芹属(*Tetrataenium* (DC.) Manden.)和大瓣芹属(*Semenovia* Regel et Herd.)二者也作为独立属处理为宜, 其中有争议的锐尖叶独活[*Heracleum longilobum* (Norman) Sheh et T. S. Wang]不应作为大瓣芹属成员, 仍应保留于独活属。当归亚族(Angelicinae Drude)的山芎[*Conioselinum chinense* (L.) Britton]和东当归[*Angelica acutiloba* (Sieb. et Zucc.) Kitagawa]曾被作为阿米芹族(Ammineae Koch)的蛇床属(*Cnidium* Cuss.)或藁本属(*Ligusticum* L.)的成员, 聚类图显示其属于前胡族的当归亚族是合适的。

关键词: 前胡族; 伞形科; 系统分类; 高分辨裂解-气相色谱分析; 聚类分析

中图分类号: Q949.763.3; O657.7⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1004-0978(2001)03-0051-05

Application of high-resonance pyrolysis-gas chromatography in the taxonomy of Peucedaneae Drude

SHU Pu¹, CHEN Hao², YUAN Chang-qi¹, ZOU Qiao-gen², SHE Meng-lan¹, XIANG Bing-ren² (1. Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China; 2. China Pharmaceutical University, Nanjing 210009, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2001, 10(3): 51-55

Abstract: The leaves of 35 representative species from 20 genera of Peucedaneae Drude (Umbelliferae) in China have been analysed by high-resonance pyrolysis-gas chromatography analysis. The chromatographic data was normalized, clustered to get the cluster graph, which shows out that the 35 species are separated three groups corresponding to 3 subtribes of Peucedaneae Drude naturally. In addition, the genera of *Schumannia* Kuntze, *Talassia* Korov. and *Soranthus* Ledeb. which were reduced to other genera by certain authors should exist as an independent genus respectively. The *Tetrataenium* (DC.) Manden. and *Semenovia* Regel et Herd. are different from *Heracleum* L. They are also an independent genus respectively. The *Heracleum longilobum* (Norman) Sheh et T. S. Wang should not be as a member of *Semenovia* Regel et Herd. Moreover, the *Conioselinum chinense* (L.) Britton and *Angelica acutiloba* (Sieb. et Zucc.) Kitagawa which were recognized as the members of *Cnidium* Cuss. or *Ligusticum* L. of Ammineae Koch should belong to the Angelicinae Drude of Peucedaneae Drude.

Key words: Peucedaneae Drude; Umbelliferae; taxonomy; pyrolysis-gas chromatography analysis; cluster

伞形科(Umbelliferae)是植物界的一个自然科。Morison首先对伞形科植物进行了系统研究, 根据果实及种子特征区分为9个属。以果实形态特征作为伞形科植物分类的主要依据沿用至今, 但在长期应用中发现其存在局限性, 致使一些种类的界定、亲缘关系和系统演化往往存在争议。因此, 选用一些新的方法和数据对伞形科植物进行综合分类研究是很有必要的。

前胡族(Peucedaneae)是Drude^[1]分类系统芹亚科(Apioideae)的主要组成部分, 它包括宽翅种类

(Platyspermous)的属, 即果实背腹扁平, 果棱呈宽翅状, 侧棱通常要比背棱宽。基于棱翅的形态特征, Drude将前胡族分成3个亚族, 即当归亚族(Angelicinae Drude)、阿魏亚族(Ferulinae Drude)和环翅芹亚族(Tordyliinae Drude)。这一系统排列基本上相似于Koch^[2]和de Candolle^[3]系统的提法。

收稿日期: 2000-11-06

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39770045)

作者简介: 舒璞(1942-), 女, 浙江杭州人, 大学, 研究员, 主要从事植物系统与演化研究。

前胡族是伞形科中较大的一个族,包含许多有重要经济和药用价值的属种。近年来,通过比较解剖和发育生物学研究,发现该族类群存在不同的发育类型^[4],因而对经典的前胡族分类的真实性提出了疑问。不同的分类学者对该族中一些属种的处理也存在不同的意见。利用高分辨裂解-气相色谱法,通过裂解图谱加以鉴别,这种模式识别和聚类方法已应用于伞形科当归亚族分类鉴别研究^[5],为了进一步弄清前胡族中 3 个亚族的系统关系,本文选出

其中具代表性的 35 个样本进行裂解实验,通过聚类分析法对裂解数据进行处理,为前胡族分类研究提供新依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料及处理

选取中国伞形科前胡族中 20 个属的 35 种植物为样品,植物标本存放于江苏省·中国科学院植物研究所标本馆。植物名称及产地见表 1。

表 1 供试前胡族植物的种类和产地

Table 1 The names of samples and sampling localities of Peucedaneae Drude

| 样号 No. | 学名 Species name | 样品采集地点 Sampling locality |
|--|--|--|
| 当归亚族 Angelicinae Drude | | |
| 山芎属 <i>Conioselinum</i> Fisch. ex Hoffm. | | |
| 1 | 山芎 <i>C. chinense</i> (L.) Britton, Sterns et Poggenburg | 安徽金寨 Jinzhai, Anhui |
| 古当归属 <i>Archangelica</i> Hoffm. | | |
| 2 | 下延古当归 <i>A. decurrens</i> Ledeb. | 内蒙古昭乌达盟 Ju Ud Meng, Nei Mongol |
| 高山芹属 <i>Coelopleurum</i> Ledeb. | | |
| 3 | 高山芹 <i>C. saxatile</i> (Turcz.) Drude | 吉林长白山天池 Tianchi in Changbaishan, Jilin |
| 柳叶芹属 <i>Czernaevia</i> Turcz. | | |
| 4 | 柳叶芹 <i>C. laevigata</i> Turcz. | 黑龙江海伦 Hailun, Heilongjiang |
| 当归属 <i>Angelica</i> L. | | |
| 5 | 东当归 <i>A. acutiloba</i> (Sieb. et Zucc.) Kitagawa | 吉林延边 Yanbian, Jilin |
| 6 | 黑水当归 <i>A. amurensis</i> Schischk. | 黑龙江 Heilongjiang |
| 7 | 狭叶当归 <i>A. anomala</i> Ave-Lall. | 吉林 Jilin |
| 8 | 骨缘当归 <i>A. cartilaginomarginata</i> (Makino) Nakai var. <i>foliosa</i> Yuan et Shan | 江苏南京宝华山 Baohuashan in Nanjing, Jiangsu |
| 9 | 东北长鞘当归 <i>A. cartilaginomarginata</i> (Makino) Nakai var. <i>matsumurae</i> (de Boiss.) Kitagawa | 辽宁千山中沟 Zhonggou in Qianshan, Liaoning |
| 山芹属 <i>Ostericum</i> Hoffm. | | |
| 10 | 山芹 <i>O. sieboldii</i> (Miq.) Nakai | 江苏句容 Jurong, Jiangsu |
| 欧当归属 <i>Levisticum</i> Hill. | | |
| 11 | 欧当归 <i>L. officinale</i> Koch | 江苏南京 Nanjing, Jiangsu |
| 珊瑚菜属 <i>Glehnia</i> Fr. Schmidt ex Miq. | | |
| 12 | 珊瑚菜 <i>G. littoralis</i> Fr. Schmidt ex Miq. | 山东蓬莱 Penglai, Shandong |
| 阿魏亚族 Ferulinae Drude | | |
| 弓翅芹属 <i>Arcuatopterus</i> Sheh et Shan | | |
| 13 | 弓翅芹 <i>A. filipedicellus</i> Sheh et Shan | 云南宾川 Binchuan, Yunnan |
| 阿魏属 <i>Ferula</i> L. | | |
| 14 | 山地阿魏 <i>F. akitschkensis</i> B. Fedtsch. ex K.-Pol. | 新疆亚马度-特克斯 Yamadu-teksi, Xinjiang |
| 15 | 全裂叶阿魏 <i>F. dissecta</i> (Ledeb.) Ledeb. | 新疆塔城 Tacheng, Xinjiang |
| 16 | 硬阿魏 <i>F. hungeana</i> Kitagawa | 内蒙古锡盟 Xilin Gol Meng, Nei Mongol |
| 17 | 荒地阿魏 <i>F. syreitschikowii</i> K.-Pol. | 新疆 Xinjiang |
| 18 | 新疆阿魏 <i>F. sinkiangensis</i> K. M. Shen | 新疆 Xinjiang |
| 球根阿魏属 <i>Schumannia</i> Kuntze | | |
| 19 | 球根阿魏 <i>S. turcomanica</i> Kuntze | 新疆霍城 Huocheng, Xinjiang |
| 簇花芹属 <i>Soranthus</i> Ledeb. | | |
| 20 | 簇花芹 <i>S. meyeri</i> Ledeb. | 新疆玛纳斯 Manasi, Xinjiang |
| 胀果芹属 <i>Phlajodicarpus</i> Turcz. ex Bess. | | |
| 21 | 胀果芹 <i>P. sibiricus</i> (Steph. ex Spreng.) K.-Pol. | 内蒙古满洲里 Manzhouli, Nei Mongol |

续表1 Table 1 (Continued)

| 编号 No. | 学名 Species name | 样品采集地点 Sampling locality |
|--------|---|--|
| | 前胡属 <i>Peucedanum</i> L. | |
| 22 | 广西前胡 <i>P. guangxiense</i> Shan et Sheh | 广西武鸣 Wuming, Guangxi |
| 23 | 滇西前胡 <i>P. delavayi</i> Franch. | 云南丽江 Lijiang, Yunnan |
| 24 | 南川前胡 <i>P. dissolutum</i> (Diels) Wolff | 四川南川金佛山 Jinfoshan in Nanchuan, Sichuan |
| 25 | 岩前胡 <i>P. medicum</i> Dunn var. <i>gracile</i> Dunn ex Shan et Sheh | 四川武隆双河 Shuanghe in Wulong, Sichuan |
| | 川明参属 <i>Chuanminshen</i> Sheh et Shan | |
| 26 | 川明参 <i>C. violaceum</i> Sheh et Shan | 湖北当阳引种 Dangyang, Hubei, cultivated |
| | 伊犁芹属 <i>Talassia</i> Korov. | |
| 27 | 伊犁芹 <i>T. transiliensis</i> (Herd.) Korov. | 新疆 Xinjiang |
| | 环翅芹亚族 <i>Tordyliinae</i> Drude | |
| | 欧防风属 <i>Pastinaca</i> L. | |
| 28 | 欧防风 <i>P. sativa</i> L. | 江苏南京引种 Nanjing, Jiangsu, cultivated |
| | 独活属 <i>Heracleum</i> L. | |
| 29 | 灰白独活 <i>H. canescens</i> Lindl. | 西藏羊八井 Yangbajin, Xizang |
| 30 | 钝叶独活 <i>H. obtusifolium</i> Wall. ex DC. | 四川乾宁 Qianning, Sichuan |
| 31 | 锐尖叶独活 <i>H. longilobum</i> (Norman) Sheh et T. S. Wang | 青海西宁 Xining, Qinghai |
| 32 | 裂叶独活 <i>H. millefolium</i> Diels | 青海玉树 Yushu, Qinghai |
| 33 | 永宁独活 <i>H. yungningense</i> Hand.-Mazz. | 四川小金孟碧沟 Mengbigou in Xiaojin, Sichuan |
| | 大瓣芹属 <i>Semenovia</i> Regel et Herd. | |
| 34 | 大瓣芹 <i>S. transiliensis</i> Regel et Herd. | 新疆新源 Xinyuan, Xinjiang |
| | 四带芹属 <i>Tetrataenium</i> (DC.) Manden. | |
| 35 | 尼泊尔四带芹 <i>T. nepalense</i> (DC.) Manden. | 云南丽江玉龙雪山 Yulong Xueshan in Lijiang, Yunnan |

精密称取 1 mg 茎中部叶片粉末于石英盘中,裂解炉温度设置在 260℃,闪蒸 0.5 min,冷却后用注射器在样品中加入 2 μL 内标溶液,裂解温度为 400℃,裂解 0.5 min 后取出。

1.2 实验仪器与条件

1.2.1 仪器与试剂 岛津 GC-9A 气相色谱仪,配 C-R3A 色谱处理机,PRY-2A 管式裂解炉。

1.2.2 仪器条件 SE-30 毛细管气相色谱柱 (0.33mm × 0.25μm × 25m),载气柱前压 0.9 kg/cm²。检测器 FID,检测室温度 270℃,尾吹气 25 mL/min,空气压力 0.5 kg/cm²,氢气压力 0.6 kg/cm²,分流比 100:1,样进量 1 mg。升温程序:85℃ (10 min), 3℃/min; 220℃ (4 min), 4℃/min; 250℃ (5 min), 5℃/min; 290℃ (30 min)。

1.2.3 数据预处理 所有图谱均在 18 min 左右有明显特征峰出现,其中珊瑚菜 (*Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq.) 的裂解图谱见图 1,故以此为参考峰计算所有峰的相对保留值,裂解图前 6 min 的小分子碎片峰难以分开,故弃去不用,对剩余所有峰,根据峰面积大小,结合相对保留值选取 14 个特征峰。将 14 个峰按相对保留值大小排列,计算归一化面积,以这些峰为分类单位,以每个分类单位对应的相

对峰面积为分类变量,组成 35 OTU × 14 变量的矩阵,作为化学分类的依据。特征峰选取如表 2。

对数据采用中心化变换进行标准化,计算欧氏距离,用最短距离法进行聚类,将分类变量矩阵 R 改造等价矩阵 R*,取 R* 中每一元素作为阈值 λ,由 λ 截距分类,根据不同的 λ 水平画出聚类图。

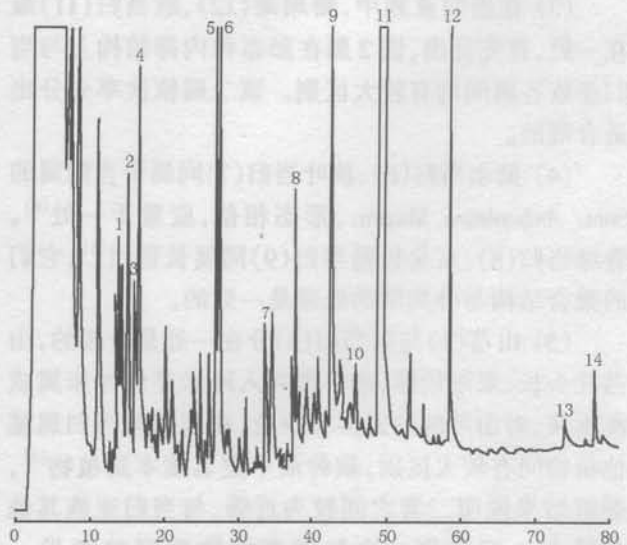


图1 珊瑚菜裂解-气相色谱图
Fig. 1 Pyrolysis-gas chromatogram of *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq.

表2 珊瑚菜的分类特征峰

Table 2 The peak of classification feature of *Glehnia littoralis* Fr. Schmidt ex Miq.

| 编号 No. | 保留时间 Retention time (min) | 相对保留值 r_r Relative retention value | 编号 No. | 保留时间 Retention time (min) | 相对保留值 r_r Relative retention value |
|-----------|---------------------------------|--|-----------|---------------------------------|--|
| 1 | 9.5 | 0.52 | 8 | 25.6 | 1.40 |
| 2 | 10.4 | 0.57 | 9 | 29.0 | 1.58 |
| 3 | 10.6 | 0.58 | 10 | 31.0 | 1.69 |
| 4 | 11.4 | 0.62 | 11 | 34.3 | 1.87 |
| 5 | 18.3 | 1.00 | 12 | 39.8 | 2.17 |
| 6 | 18.8 | 1.03 | 13 | 49.0 | 2.68 |
| 7 | 22.8 | 1.24 | 14 | 52.6 | 2.87 |

2 结果与讨论

前胡族 20 属 35 种植物的高分裂解-气相色谱数据的聚类图见图 2, 从图 2 可看出:

(1) 35 种植物可以分成 3 大类, 分别对应 3 个亚族, 归属明确, 与传统分类学的结论基本一致。

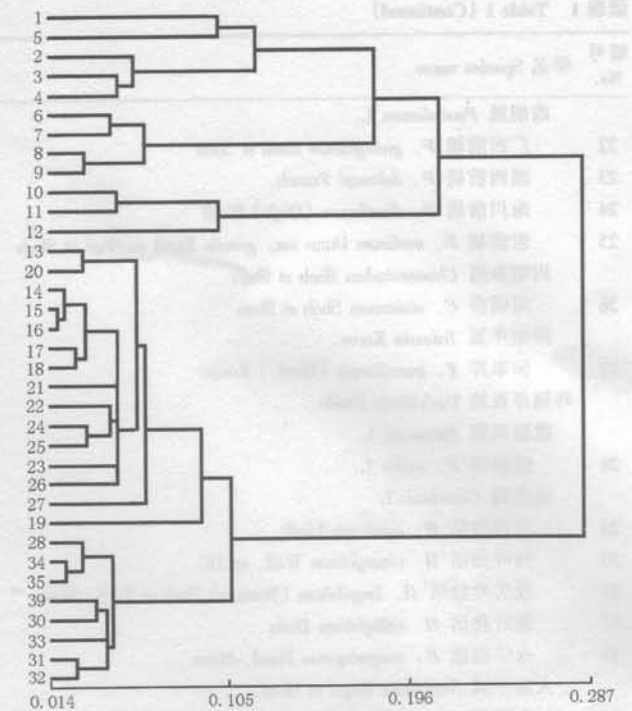
(2) 从聚类图看, 当 $\lambda = 0.28$ 时分成两类, 当归亚族为一类, 环翅芹亚族和阿魏亚族为另一类, 说明环翅芹亚族和阿魏亚族关系亲近, 当归亚族与它们较疏远, 而传统分类在处理 3 亚族关系时是并列的。据此, 可以认为裂解色谱分析法, 在探讨前胡族之间的亲缘关系时, 不失为一重要根据和佐证。从聚类图上还可以看出: 在 $\lambda = 0.11$ 处环翅芹亚族各属和阿魏亚族各属截然分开成两类, 这与传统分类结构完全一致。

(3) 在当归亚族中, 珊瑚菜(12)、欧当归(11)聚在一处, 首先分出, 该 2 属在形态和内部结构上与当归亚族各属间均有较大区别。该二属依次率先分出是合理的。

(4) 黑水当归(6)、狭叶当归(7)同属于当归属的 Sect. *Anisopleura* Maxim., 形态相似, 应置于一处^[6]。骨缘当归(8)、东北长鞘当归(9)同属长鞘组^[5], 它们的聚合结构与分类学的处理是一致的。

(5) 山芎(1)与东当归(5)分在一处是合理的, 山芎柱头长、果翅较厚, 最早曾列入阿米芹族蛇床属或藁本属, 对山芎的归属多有争论, 东当归与当归属其他植物间有较大区别, 该种最早定名藁本属植物^[7], 裂解结果说明二者之间较为近缘, 与当归亚族其他各属有一定区别。这与许多植物学家的意见一致^[8]。

(6) 高山芹(3)和下延古当归(2)为厚翅果类型,



1: 山芎 *Conioselinum chinense*; 2: 下延古当归 *Archangelica decurrens*; 3: 高山芹 *Coelopleurum saxatile*; 4: 柳叶芹 *Czernaevia laevigata*; 5: 东当归 *Angelica acutiloba*; 6: 黑水当归 *A. amurensis*; 7: 狭叶当归 *A. anomala*; 8: 骨缘当归 *A. cartilaginomarginata* var. *foliosa*; 9: 东北长鞘当归 *A. cartilaginomarginata* var. *matsumurae*; 10: 山芹 *Ostercicum sieboldii*; 11: 欧当归 *Levisticum officinale*; 12: 珊瑚菜 *Glehnia littoralis*; 13: 弓翅芹 *Arcuatopterus filipedicellus*; 14: 山地阿魏 *Ferula akitschkensis*; 15: 全裂叶阿魏 *F. dissecta*; 16: 硬阿魏 *F. bungeana*; 17: 荒地阿魏 *F. syreitschikowii*; 18: 新疆阿魏 *F. sinkiangensis*; 19: 球根阿魏 *Schumannia turcomanica*; 20: 簇花芹 *Sorathus meyeri*; 21: 胀果芹 *Phlojodicarpus sibiricus*; 22: 广西前胡 *Peucedanum guangxiense*; 23: 滇西前胡 *P. delavayi*; 24: 南川前胡 *P. dissolutum*; 25: 岩前胡 *P. medicum* var. *gracile*; 26: 川明参 *Chuanminshen violaceum*; 27: 伊犁芹 *Talassia transiliensis*; 28: 欧防风 *Pastinaca sativa*; 29: 灰白独活 *Heracleum canescens*; 30: 钝叶独活 *H. obtusifolium*; 31: 锐尖叶独活 *H. longilobum*; 32: 裂叶独活 *H. millefolium*; 33: 永宁独活 *H. yungningense*; 34: 大瓣芹 *Semenovia transiliensis*; 35: 尼泊尔四带芹 *Tetraenaum nepalense*

图2 基于裂解数据的前胡族 35 种植物系统聚类图
Fig. 2 The systematic dendrogram of Peucedaneae Drude from the data of pyrolysis-gas chromatography

聚类结果说明二者接近。

(7) 聚类图显示阿魏亚族 8 个属 15 个样本的属间界限明显, 与传统的分类系统排列大体一致。在 $\lambda = 0.085$ 处首先分出球根阿魏属(19) (*Schumannia* Kuntze), 其位置远离其他各属。Pimenov M. G. 曾对该属提出将其并入阿魏属^[9]。沈观晔、秦雪梅主张将其并入簇花芹属, 聚类图显示《中国植物志》维持其原来独立的地位是合理的。在聚类图 $\lambda = 0.055$ 处分出伊犁芹属(27) (*Talassia* Korov), 对此属也曾有过将其并入阿魏属的意见, 聚类图显示其与阿魏属和前胡属距离都较远, 证明将其作为独立属处理是合

理的。在 $\lambda = 0.05$ 处同时分出弓翅芹属(13) (*Acuatopteris* Sheh et Shan)和簇花芹属(20) (*Soranthus* Ledeb.),说明此二属明显区别于阿魏属和前胡属,表明裂解结果支持弓翅芹和簇花芹列为独立属。在 $\lambda = 0.035$ 处同时分出川明参(26) (*Chuanmingshen* Sheh et Shan)、前胡(22,24,25) (*Peucedanum* L.)以及胀果芹(21) (*Phlojodicarpus* Turcz. ex Bess.)等3属,说明川明参和胀果芹2属均贴近前胡属而又区别于前胡属,同时更区别于阿魏属(14,15,16,17,18) (*Ferula* L.),这与传统分类结果完全一致。

(8) 在环翅芹亚族中,对四带芹(35)和大瓣芹(34)2属的归属问题,植物分类学家存在不同意见,某些学者根据植物的某部分宏观形态和解剖特征相似,主张将大瓣芹属(*Semenovia* Regel et Herd.)成员并入独活属或宽带芹属(*Platyteania* Nevski et Vved.)^[7,10]。四带芹属曾被列入独活属成员,并作为该属的一个组(*Heracleum* L. Sect. *Tetraenium* DC.)^[4]。聚类图显示四带芹、大瓣芹、欧防风(28)等3属与独活属在 $\lambda = 0.035$ 处分为两类,说明这3属与独活属并非同类,各自具有独立性,而且四带芹属与大瓣芹属十分贴近,这与现代植物分类的意见一致。从而证实了四带芹属的分类地位。另外,锐尖叶独活曾被认为是大瓣芹属成员,聚类图显示其与大瓣芹并非同类,仍应保留于独活属。

(9) 高分裂解-气相色谱数据所得出的聚类结果也有与传统分类系统不一致的结果,如山芹属

(10)与薄翅果类型的当归属关系密切,二者却被分在距离较远的两处;形态相异的柳叶芹属(4)和高山芹属(3)被归于一处。

参考文献:

[1] Drude O. Umbelliferae [A]. Engler E A, Prantl K. Die Natürlichen Pflanzenfamilien [M]. Leipzig: Engelmann, 1898. 3(8): 63-250.
 [2] Koch W E J. Generum tribuumgue plantarum Umbelliferarum nova Dispositio [J]. Nova Acta Acad Leop Carol, 1824, 12: 55-156.
 [3] de Candolle A P. Umbelliferae [A]. de Candolle A P. Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis 4 [M]. Paris: Eorundem Bibliopolis, 1930. 55-250.
 [4] Theobald W L. Comparative anatomical and developmental studies in the Umbelliferae [A]. Heywood V H. The Biology and Chemistry of the Umbelliferae [M]. London: Academic Press, 1970. 177-197.
 [5] 舒 璞,袁昌齐,余孟兰,等. 模糊聚类分析在中国伞形科当归亚族分类的应用[J]. 西北植物学报,1999,19(3):538-545.
 [6] Schischkin K. Umbelliferae [A]. Komarov V L. Flora of the URSS Vol. 17(2) [M]. Mosqua-Liningrad: Academia Scientiarum URSS, 1951. 262.
 [7] Makino T. An Illustrated Flora of Nippon [M]. Tokyo: Hokuryukan Co Ltd. 1953. 273.
 [8] Forbes F B, Hemsley W B. 64. Umbelliferae [J]. Journ Linn Soc Bot, 1888, 23: 324-337.
 [9] Pimenov M G. Carpology of *Soranthus*, *Ladygiaia*, *Eriosynaphe* and *Schumannia* in connection with the problem of the genus *Ferula* [J]. Bot Zh, 1980, 65(12): 1756-1766.
 [10] Korovin E P. Flora Uzbekistanica 4 [M]. Taschkent: Academiae Scientiarum Uzssr, 1959. 426.

(责任编辑:惠 红)