

香豆素的¹H-NMR 检测及其 在阿魏亚族化学分类中的应用*

刘启新¹ 吴美玉² 饶高雄³ 叶锦生¹ 惠 红¹

(¹江苏省植物研究所, 南京 210014 ²江苏省化工研究所, 南京 210024 ³云南中医学院, 昆明 650011)
中国科学院

摘要 利用¹H-NMR 法检测中国阿魏亚族(*Ferulineae* Drude) 8 属 27 种 3 变种根部乙醚提取物的香豆素成分类型, 其中主要为线型二氢呋喃型香豆素(I)和角型二氢吡喃型香豆素(IV), 线型二氢吡喃型香豆素(III)和角型二氢呋喃型香豆素(II)较少。据此, 将 8 属分成 4 类: (1) 阿魏属(*Ferula* L.)、球根阿魏属(*Schumannia* Kuntze)、簇花芹属(*Soranthus* Ledeb.) 和伊犁芹属(*Talassia* Korov.) 未测出(不含)香豆素; (2) 弓翅芹属(*Arcuatopterus* Sheh et Shan) 和川明参属(*Chuanminshen* Sheh et Shan) 含 I 类; (3) 胀果芹属(*Phlojodicarpus* Turcz. ex Bess.) 含 IV 类; (4) 前胡属(*Peucedanum* L.) 含 I 类和 IV 类。上述结果支持将球根阿魏、簇花芹和伊犁芹 3 个属并入阿魏属, 另 3 个寡种属与前胡属关系最密切。所分析的前胡属 17 种 2 变种可分成 5 组, 其中不含香豆素的刺尖前胡和含 III 类香豆素的紫花前胡及其变种最特殊, 支持将它们分出前胡属的处理。

关键词 阿魏亚族; 伞形科; 核磁共振氢谱法; 香豆素; 化学分类

Chemotaxonomy of Ferulineae based on the coumarins identified by ¹H-NMR Liu Qixin¹, Wu Meiyu², Rao Gaoxiong³, Ye Jinsheng¹, Hui Hong¹, (¹Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014; ²Institute of Chemical Industry Research of Jiangsu, Nanjing 210024; ³Yunnan College of Traditional Chinese Medicine, Kunming 650011), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(1): 46~51

The coumarin types of the etherial extracts from 30 root samples of 27 species 3 varieties of 8 genera in *Ferulineae* Drude were investigated by ¹H-NMR. There are four coumarin types, in which the linear-type dihydrofuranocoumarins (I) and the angular-type dihydropyranocoumarins (IV) are the main components, the linear-type dihydropyranocoumarins (III) and the angular-type dihydrofuranocoumarins (II) are fewer. Eight genera can be divided into 4 groups: (1) *Ferula* L., *Schumannia* Kuntze, *Soranthus* Ledeb. and *Talassia* Korov.: without coumarins or unidentified out; (2) *Arcuatopterus* Sheh et Shan and *Chuanminshen* Sheh et Shan: with coumarin I; (3) *Phlojodicarpus* Turcz. ex Bess.: with coumarin IV; (4) *Peucedanum* L.: with coumarins I and IV. Therefore, *Schumannia*, *Soranthus* and *Talassia* should be incorporated with *Ferula*, and *Peucedanum* is closely with another three small genera. Because of the peculiar character that coumarin is absent in *P. elegans*

* 国家自然科学基金资助项目

刘启新: 男, 1958 年 2 月生, 副研究员, 主要从事植物系统与演化及植物资源的研究。

收稿日期 1998-10-18

Komarov and coumarin III is present in *P. decursivum* (Miq.) Maxim., it is suggested that they should be separated from *Peucedanum*.

Key words Ferulinea Drude; Umbelliferae; ¹H-NMR; coumarin; chemotaxonomy

我国阿魏亚族(Ferulinea Drude)共 8 属 70 余种^[1],是伞形科中比较进化和自然的一个类群。但对于该亚族中各属间和属内的分类和演化关系,随着研究资料的不断积累,人们提出了诸多不同看法。另外,该亚族有许多重要的药用植物,如阿魏(*Ferula* ssp.)、前胡(*Peucedanum* ssp.)、川明参(*Chuanminshen* sp.)等^[2],特别是中药前胡在各地收购、销售和使用过程中常常品种混乱,影响药材的质量和疗效^[3]。因此,开展该亚族植物的化学成分研究,尤其是化学分类特征成分和药用有效成分研究,不仅能为该亚族植物的化学分类提供科学依据,而且对有效利用该类群药用植物资源有重要意义。

阿魏亚族许多植物都以香豆素类成分为特征^[4],采用常规化学方法研究香豆素,周期长,工作量大,费用高,不适于大量种类的分类比较研究,而用¹H-NMR 法分析可以弥补此不足,已有报道认为适用于多样品的鉴别和化学分类^[5]。因此本文利用¹H-NMR 分析植物的香豆素成分,并以此进行国产阿魏亚族的化学分类。

1 材料与方 法

1.1 供试植物种类

供测阿魏亚族植物种类及产地见表 1。

表 1 供测阿魏亚族植物种类和产地

Tab 1 Names of sample and sampling localities of Ferulinea

编号 No.	植物种类 Species	产地 Locality	编号 No.	植物种类 Species	产地 Locality
1	<i>Arcuatopterus filipedicellus</i> Sheh et Shan	云南宾川	16	<i>P. terebinthaceum</i> var. <i>deltoideum</i> (Makino ex Yabe) Makino	北京百花山
2	<i>Ferula syreitschikowii</i> K.-Pol.	新疆乌鲁木齐	17	<i>P. rubricaulis</i> Shan et Sheh	云南中甸
3	<i>F. dissecta</i> (Ledeb.) Ledeb.	新疆塔城	18	<i>P. dissolutum</i> (Diels) Wolff	四川金佛山
4	<i>F. akitschkensis</i> B. Fedt. ex K.-Pol.	新疆塔城	19	<i>P. harrismithii</i> Fedde ex Wolff	陕西天竺山
5	<i>F. fukanensis</i> K. M. Shen	新疆阜康	20	<i>P. harrismithii</i> var. <i>subglabrum</i> Shan et Sheh	陕西山阳
6	<i>F. ferulaeoides</i> (Stead.) Korov.	新疆富蕴	21	<i>P. turgeniifolium</i> Wolff	四川马尔康
7	<i>Schumannia turcomanica</i> Kuntze	新疆霍城	22	<i>P. mahanense</i> Shan et Sheh	广西马山
8	<i>Soranthus meyeri</i> Ledeb.	新疆布尔津	23	<i>P. guangxiense</i> Shan ex Sheh	广西武鸣
9	<i>Phlojodicarpus sibiricus</i> (Steph. ex Spreng.) K.-Pol.	内蒙古满洲里	24	<i>P. medicum</i> Dunn var. <i>gracile</i> Dunn ex Shan et Sheh	湖北恩施
10	<i>Peucedanum elegans</i> Komarov	吉林长白山	25	<i>P. medicum</i> Dunn	湖北恩施
11	<i>P. wulongense</i> Shan et Sheh	四川武隆	26	<i>P. macilentum</i> Franch	云南洱源
12	<i>P. longshengense</i> Shan et Sheh	广西猫儿山	27	<i>P. decursivum</i> (Miq.) Maxim.	江苏南京
13	<i>P. japonicum</i> Thunb.	浙江普陀山	28	<i>P. decursivum</i> var. <i>albiflorum</i> Maxim.	吉林长白山
14	<i>P. praeruptorum</i> Dunn	江苏南京	29	<i>Chuanminshen violaceum</i> Sheh et Shan	四川成都
15	<i>P. wawrae</i> (Wölff) Su	安徽琅琊山	30	<i>Talassia transiliensis</i> (Herd.) Korov.	新疆昭苏

1.2 测试样品制备

取上述植物的根,自然风干,剪碎,研成粗粉。每样品称取 5 g,加入乙醚 100 ml,冷浸,20 d后,滤取乙醚,挥干溶剂,得含总香豆素成分的粗提物,即为待测样品。

1.3 测定方法和条件

乙醚提取物不加分离提纯,以混合物状态进行¹H-NMR 波谱分析和化学成分检测。每样品以检测主要成分为主。根据图谱解析,参考已知成分的标准¹H-NMR 图谱和文献^[6-14],推测主要香豆素成分及其类型。¹H-NMR 测定仪器为 F×90Q 核磁共振波谱仪。以氘代氯仿(CDCl₃)为溶剂,以四甲基硅烷(TMS)为内标,观察频率为 90 Hz,测定温度为 30℃。

2 结果与讨论

2.1 阿魏亚族香豆素的¹H-NMR 图谱特征

阿魏亚族各种类提取物的¹H-NMR 图谱特征清晰,可以判断出是否含有香豆素及其类型。根据彼此间的异同,可以推断出各植物类群间的差异。所测样品的¹H-NMR 数据见表 2。

从表 2 看出,前胡属(*Peucedanum* L.)、弓翅芹属(*Arcuatopterus* Sheh et Shan)、胀果芹属(*Phlojodicarpus* Turcz. ex Bess.)和川明参属(*Chuanminshen* Sheh et Shan)都有香豆素母核及其取代基的特征信号,表明它们都含有香豆素成分(刺尖前胡除外)。

球根阿魏属(*Schumannia* Kuntze)、簇花芹属(*Soranthus* Ledeb.)和伊犁芹属(*Talassia* Korov.)的种类都未见香豆素母核及其取代基,未检测出香豆素成分。尽管如此,从它们的¹H-NMR 图谱及其他信号比较中也能推测彼此间的亲缘关系提供参考,如球根阿魏与簇花芹的图谱非常类似,伊犁芹与它们也十分相似,说明这 3 个属的关系较近。据报道前苏联在 60~80 年代曾对境内的阿魏属(*Ferula* L.)植物化学成分进行过系统研究,发现阿魏属有许多种类含有香豆素类成分,但本研究中基本未检测出,虽然在荒地阿魏(*Ferula syreitschikowii* K.-Pol)和阜康阿魏(*F. fukanensis* K. M. Shen)中观察到 7-羟基香豆素母核的信号,但难于鉴定出具体成分。对铜山阿魏[*F. licentiana* Hand.-Mazz. var. *tongshanensis* (Su) Shan et Q. X. Liu]和草甸阿魏(*F. kingdon-wardii* Wolff)根部化学成分的研究,也未发现香豆素^[15],说明我国阿魏属中确实存在不含香豆素的种类,这一现象值得注意。但就在相同条件下进行属间比较而言,阿魏属这一结果有着明显的特征和区别意义。

2.2 阿魏亚族香豆素成分的类型与化学分类

经与文献对比,各样品所含香豆素可分 4 种类型,即线型二氢呋喃型(I)、角型二氢呋喃型(II)、线型二氢吡喃型(III)和角型二氢吡喃型(IV),其中以 IV 为最多,II 最少。根据香豆素的有无和类型,将所分析的阿魏亚族种类进行初步归类分组。

(1) 根据香豆素的有无,阿魏属、球根阿魏属、簇花芹属和伊犁芹属等 4 属可以归为一类,以乙醚提取物中无或近无香豆素成分为特征;而前胡属(除刺尖前胡外)、川明参属、胀果芹属和弓翅芹属 4 个属为另一类,以乙醚提取物中均含有香豆素成分为特征。

(2) 根据各类型香豆素在各属中的分布特点,可将含香豆素的 4 个属分成 4 类:含 I 型香豆素(类 1)有弓翅芹和川明参 2 个属;含 I 和 IV 型香豆素(类 2)仅有前胡 1 属;含 IV 型香豆素(类 3)仅胀果芹 1 属;含 III 型香豆素(类 4)包括被移入当归亚族(*Angelicinae* Drude)当归属

(*Angelica* L.) 有争议的前胡属植物紫花前胡及其白花变种。

(3) 根据各香豆素类型在前胡属各种类中的分布, 可以将该属分成 5 组: 组 1 含 IV 型香豆素: 白花前胡、长前胡、华北前胡、少毛北前胡、南岭前胡、武隆前胡、滨海前胡和泰山前胡; 组 2 含 I 型香豆素: 南川前胡、广西前胡、马山前胡和宽叶石防风; 组 3 含 I 和 IV 或 I 和 II 混合型香豆素: 华中前胡、岩前胡和红前胡; 组 4 含 III 型香豆素: 紫花前胡及其变种鸭巴前胡; 组 5 不含香豆素类型: 仅有刺尖前胡(*Peucedanum elegans* Kornaro)。

表 2 阿魏亚族乙醚提取物的¹H-NMR 数据¹⁾

Tab 2 ¹H-NMR spectra data and analysis of ethereal extracts for Ferulineae¹⁾

序号 ²⁾ No.	香豆素母核的化学位移(δ)和偶合常数(J, Hz) Chemical shift and coupling constant of nucleus coumarin										取代基的化学位移(δ) Chemical shift of substituents
	H-4	H-3	J3,4	H-5	H-6(8)	J5,6	H-41 (31)	H-3'(2')	J3',4' (J2',3')	C2'(1')- CH ₂ × 2	
1	7.59	6.21	9.5	7.2	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.02	4.19
2	7.64	6.24	-	7.36	6.86, 6.83	-	-	-	-	-	-
5	7.64	6.24	-	7.36	6.86, 6.83	-	-	-	-	-	-
9	7.62	6.24	9.5	7.38	6.82	8.6	6.54	5.36	5.4	0	2.05, 1.95, 1.46, 0.90...
11	7.58	6.21	9.5	7.36	6.79	9.0	6.63	5.35	5.0	1.45, 1.44	6.03, 1.95, 1.86, 0.94, 0.87
12	7.61	6.23	9.5	7.37	6.81	9.0	6.64	5.34	5.0	1.46, 1.44	6.03, 2.00, 1.86, 0.89
13	7.56	6.20	9.5	7.32	6.79	8.5	6.62	5.35	5.0	1.46, 1.42	5.61, 2.16, 1.86, 2.08, 2.02, 0.85, 0.89
14	7.58	6.22	9.5	7.35	6.80	9.5	6.63	5.46	5.0	1.46	6.08, 1.91, 1.97, 2.10
15	7.61	6.22	9.5	7.37	6.81	9.0	6.63	5.35	5.0	1.43	5.03, 1.95, 1.86, 0.94, 0.87
16	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68
17	7.64	6.23	9.5	7.43	6.83	9.0	6.99	5.32	6.8	1.74, 1.67	6.06, 1.98, 1.86, 2.04
	7.60	6.21	9.5	7.22	6.72	-	5.04	3.26	8.5	1.61	5.87, 1.87, 1.66
18	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68
19	7.61	6.23	9.5	7.38	6.82	9.0	6.67	5.45	5.0	1.50, 1.46	5.65, 2.18, 1.25, 6.13, 1.98, 1.87
20	7.58	6.21	9.5	7.34	6.79	9.0	6.65	5.34	5.0	1.46	5.65, 2.09, 1.88, 6.05, 1.99, 1.88, 3.93
21	7.59	6.21	9.5	7.36	6.79	9.0	6.63	5.35	5.0	1.45, 1.44	5.63, 2.19, 2.14, 1.88, 6.07, 1.95, 1.88
22	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68
23	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68
24	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68
25	7.58	6.21	9.5	7.36	6.79	9.0	6.60	5.35	5.0	1.45	6.02, 1.86, 1.68, 2.08
	7.58	6.22	9.6	7.21	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.61	-
26	7.61	6.22	9.5	7.25	6.78	9.0	5.20	3.29, 2.9	5.0, 1.80	1.38	1.38, 6.08, 1.98, 1.88
27	7.60	6.25	9.5	7.39	6.81	-	6.11	5.36	6.0	1.47, 1.40	0.1, 6.3, 2.00, 1.88, 2.10
28	7.59	6.25	9.5	7.35	6.81	-	6.12	5.30	5.4	1.45, 1.40	0.09, 5.69, 2.23, 2.14, 1.98, 1.90, 1.20, 1.13, 1.00, 0.93
29	7.59	6.21	9.5	7.20	6.73	-	5.07	3.27	8.5	1.62	5.98, 1.90, 1.68

¹⁾ 样品 3, 4, 6, 7, 8, 10 和 30 因乙醚提取物中无香豆素特征信号, 未列于表中 Seven samples (3, 4, 6, 7, 8, 10, 30) are not in this table because of absenting coumarin characteristics in their ¹H-NMR spectra data. ²⁾ 1. *Arcuatopterus filipedicellus*; 2. *Ferula syreitschikowii*; 5. *F. fukangensis*; 9. *Phlojodicarpus sibiricus*; 11. *Peucedanum wulongense*; 12. *P. longshengense*; 13. *P. japonicum*; 14. *P. praeruptorum*; 15. *P. wawrae*; 16. *P. terebinthaceum* var. *deltoideum*; 17. *P. rubricaulis*; 18. *P. dissolutum*; 19. *P. harry-smithii*; 20. *P. harry-smithii* var. *subglabrum*; 21. *P. turgenifolium*; 22. *P. mshanense*; 23. *P. guangxiense*; 24. *P. medicum* var. *gracile*; 25. *P. medicum*; 26. *P. macilentum*; 27. *P. decursivum*; 28. *P. decursivum* var. *albiflorum*; 29. *Chuanminshen violaceum*

2.3 阿魏亚族的化学分类与形态分类的关系

依据 $^1\text{H-NMR}$ 分析获得的阿魏亚族化学成分类型的分类与经典的形态分类^[1],存在着一定的对应关系。

(1) 胀果芹属(类4)主要含IV型香豆素,弓翅芹属和川明参属(类2)主要含I型香豆素,而前胡属(类3)却拥有I、IV型及混合型香豆素,从香豆素类型的分布来看,前胡属涵盖了胀果芹属、弓翅芹属和川明参属,因此从化学生源上看上述3个小属与前胡属有着密切的关系(为一大类)。从形态特征看,它们的分生果侧翅至少在外缘彼此联合,并形成侧翅环,背部每棱槽油管均只1个,合生面油管仅2~4个。但前胡属的形态变异幅度覆盖了上述3个小属的变异类型,只不过其他3个属在各自的形态变异方向上更加偏离前胡属的变异而已。如与前胡属的分生果形态相比,川明参属侧棱更窄更厚;弓翅芹属的背棱更加退化且细而不显,边缘更加内曲,致使果体呈弓形拱起;胀果芹的背部果棱更偏粗钝而隆起,且外果皮肥厚等。因此上述3个小属可能是在不同地域生态条件下,分别从前胡属中演化独立而成的类群。

(2) 球根阿魏属、簇花芹属和伊犁芹属未检出香豆素,它们的 $^1\text{H-NMR}$ 谱很相近,而阿魏属中有些种类也未检测出香豆素,因此这3个小属与阿魏属有密切的亲缘关系(为另一大类)。这种关系与Pimenov依据果实解剖研究的结果^[16]以及作者依据果实解剖、血清分类和酯酶的研究结果(另文报道)均相符,根据它们的果实都有木栓化的中果皮,以前曾建议将此3个小属合并进阿魏属中^[17],本研究结果支持这种处理。

(3) 就前胡属的分组而言,化学分类与形态分类有较好的吻合度,如具有IV型香豆素的第1组成员大部分都是多小苞片组(Sect. *Bracteolata* Sheh et Shan)种类;具I型香豆素的第2组的成员都是近亮蛇床组(Sect. *Selinoides* DC.)的种类;不含香豆素成分的第5组刺尖前胡隶属于刺尖前胡组(Sect. *Elegantia* Gorov.),而具III类香豆素的紫花前胡及其变种因形态特殊已从前胡属中移出,放到当归属中。

紫花前胡在经典分类中一直是一个有争议的类群。该种是一个老种,Miquel 1867年发表,并以此种建立 *Porphyroscias* Miq. 属,不久 Franchet 和 Savat(1875)将其转入当归属,名为 *Angelica decursiva* (Miq.) Franch. et Sav., 因为其茎上部叶叶鞘膨大并呈囊状,果实侧枝较宽且边缘愈合不紧;Maximowicz(1888)依据其果实背棱线形隆起,侧枝较厚等特征,将其移入前胡属中,名为 *Peucedanum decursivum* (Miq.) Maxim., 其白花变种鸭巴前胡(var. *albiflorum* Maxim.)的果实特征与前胡属种类更相似;但是在我国也有作者认为它的形态特征介于前胡属和当归属之间,将其置于任何一属都不合适,仍保留其原有属的分类地位^[18]。上述观点各有依据,至今难以确定。在本研究中它与前胡属的大部分种类所含的香豆素类型有明显区别,自成一类,因此将它从前胡属中分出似更合理。

刺尖前胡是前胡属中另外一个特殊种类,也是本研究中前胡属唯一没有香豆素成分的种类。该种仅分布东北亚,以叶片末回裂片顶端具刺尖,苞片多数,果实侧棱翅状且薄为特征。Pimenov曾将其移入新成立的 *Kitagawia* Pimenov 属中^[19]。从本研究结果看,Pimenov的这种分类处理有一定的可取性。

2.4 $^1\text{H-NMR}$ 用于化学分类的利弊

作为一种化学成分检测的方法, $^1\text{H-NMR}$ 具有较好的灵敏性和确证性,方法简便、经济快速,已有不同作者将此方法成功地用于同一属内植物样品(药材)的鉴别^[5,20]。根据本研究结

果来看,该方法将提取物混合样不经分离直接进行波谱分析,确定是否含某类成分以及该类成分的类型和主要取代基,具有较好的效果,同样适用于不同属间植物化学分类学研究。

本研究结果也表明,应用这种方法应注意如下几个问题:(1)用于检测的植物样品,应尽量采用不同极性溶剂、多次提取等方法,使待检样品的化学成分类型较多,便于分类比较。(2)所提取的成分类型要相对集中于某一大类,便于分别比较分析,因为¹H-NMR用于混合成分分析时,所分析的成分往往是主要成分(高含量),每个样品中所分析成分数量有限;(3)提取物为混合物、峰形复杂,还有一些杂质峰,影响识别。有时取代基的确切位置,特别是立体构型难以确定。因此,在进行图谱解析之前,要对所分析的成分类型和植物样品的化学资料有所了解,以便更好地解析确证。(4)¹H-NMR应用于化学分类是一种快速而简便的方法,但所检测的成分及其类型有一定的局限性,在进行分类分析时必须与其它学科证据相结合,尤其要了解经典分类的现状,才能更好发挥其作用。

参 考 文 献

- 1 单人骅,余孟兰主编.中国植物志,第五十五卷第三分册.北京:科学出版社,1992.80~178.
- 2 谢宗万.中药材品种论述.上海:上海科学技术出版社,1990.
- 3 饶高雄,刘启新,戴振杰,等.中药前胡的本草考证和现代品种论述.云南中医学院学报,1995,18(1):1~6.
- 4 Saidkhodzhaev A I. Sesquiterpene derivatives of *Ferula* L.. Chemistry of Natural Compounds. 1979, 14(4):379~404.
- 5 吴美玉,叶锦生,刘启新.中药前胡核磁共振氢谱法鉴定.植物资源与环境,1996,5(3):14~17.
- 6 陈政雄,黄宝山,余其龙,等.中药白花前胡化学成分的研究——四种新香豆素的结构.药化学报,1979,14(8):486~496.
- 7 饶高雄,孙汉董,林中文,等.中药前胡的化学基础研究.天然产物研究与开发,1993,5(2):1~17.
- 8 饶高雄,刘启新,孙汉董.弓翅芹的化学成分研究.云南植物研究,1995,17(4):431~432.
- 9 饶高雄,刘启新,孙汉董,等.马山前胡的香豆素成分.天然产物研究与开发,1996,8(3):10~12.
- 10 饶高雄,刘启新,孙汉董,等.广西前胡的香豆素成分.天然产物研究与开发,1996,8(1):1~4.
- 11 饶高雄,王兴文,刘启新,等.川明参的化学成分.云南植物学报,1996,18(3):359~360.
- 12 戴万生,饶高雄,刘启新,等.大理云前胡的化学成分研究.云南中医学院学报,1995,18(2):1~4.
- 13 Takata M, Shibata S, Okuyama T. Structures of Angular Pyranocoumarins of Bai-Hua Qian-Hu, the Root of *Peucedanum praeruptorum*. Planta Medica, 1990, 56(3):307~311.
- 14 Yamada Yasugi, Chau-Shin Hsu, Kazuo Iguchi, et al. Two new khellactone esters from *Peucedanum japonicum* Thunb. Tetrahedron Letters, 1974, (29): 2513~2516.
- 15 王年鹤,袁昌齐,马场きみ江,等.铜山阿魏和草甸阿魏根的化学成分及其系统分类学意义.植物资源与环境,1997,6(4):15~18.
- 16 Safina L K, Pimenov M G. Carpology of the species of type subgenus of the genus *Ferula* and some problems of their systematics. Feddes Repertorium, 1990, 101(3): 135~151.
- 17 Pimenov M G. Carpology of *Soranthus*, *Ladyginia*, *Eriosynaphe* and *Schumannia* in connection with the problem of the genus *Ferula*. Bot Zh (Leningrad), 1980, 65(12): 1756~1766.
- 18 辽宁省林业土壤研究所.东北草本植物志(第六卷).北京:科学出版社,1977.267~269.
- 19 Pimenov M G. A new Asiatic genus of family Umbelliferae. Bot Zh (Leningrad), 1986, 71(7): 942~949.
- 20 Toru Okuyama, Iwao Sakakibara, Shoji Shibata. Studies on a Chinese drug "Qian-Hu" evaluation and identification of "Qian-Hu". Shoyakugaka Zasshi, 1981, 35(4): 331~339.