

中国前胡属酯酶同工酶与种类演化和地理分布格局*

刘启新 惠 红

(江苏省植物研究所, 南京 210014)
中国科学院

摘要 利用聚丙烯酰胺凝胶电泳方法分析比较我国前胡属(*Peucedanum* L.) 18种4变种的叶片酯酶同工酶酶谱,并结合形态特征和地理分布,从基因位点分布规律出发,探讨该属种间亲缘关系和地理分布格局。前胡属种类的酯酶同工酶酶谱能较好地反映种间的亲缘关系,基因位点随所分析种类的地理分布而呈现出明显的地带性变化。讨论了滨海前胡(*P. japonicum* Thunb.)、马山前胡(*P. mshanense* Shan et Sheh)和广西前胡(*P. guangxiense* Shan et Sheh)、石防风 [*P. terebinthaceum* (Fisch.) Fisch. ex Turcz.]和宽叶石防风 [*P. terebinthaceum* var. *deltoideum* (Makino ex Yabe) Makino]、红前胡(*P. rubricaulle* Shan et Sheh)和刺尖前胡(*P. elegans* Komarov),以及华中前胡(*P. medicum* Dunn)和华北前胡(*P. harry-smithii* Fedde ex Wolff)等种类的酯酶同工酶酶谱类型与系统演化的关系。根据前胡属植物区系,将我国前胡属分成7个酯酶同工酶地理表型。

关键词 前胡属;系统演化;地理分布;酯酶同工酶

Evolution of species and pattern of geographic distribution of *Peucedanum* L. in China on the basis of esterase isozyme Liu Qixin, Hui Hong (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014), *J. Plant Resour. & Environ.* 1999, 8(4): 17~24

The band patterns of esterase isozyme were analysed by PAGE electrophoresis for leaves of plants including 18 species and 4 varieties of *Peucedanum* L. in China. The pattern shows out six gene loci and three genotypes. From the distribution regulations of gene loci, the interspecific relationships and the patterns of geographic distribution were studied with the gross morphology, the geographic distribution and the ordination method. It is a result that esterase isozyme bands of *Peucedanum* are identical with the gross morphological characters. The esterase isozyme can express fully the interspecific relationship of *Peucedanum*. The characteristic patterns of esterase and ecological environment in *P. japonicum*, *P. mshanense* and *P. guangxiense*, *P. terebinthaceum* (including var. *deltoideum*), *P. rubricaulle* and *P. elegans*, and *P. medicum* and *P. harry-smithii* were researched. It is suggested that *P. japonicum* is a single section. The interspecific distribution regulations of esterase gene loci (E4-6) which probably exist in species of *Peucedanum* in China were discussed. This genus can be divided into two secondary differentiative types: *P. medicum* type and *P. harry-*

* 国家自然科学基金资助项目(39370053)

刘启新:男,1958年2月生,硕士,研究员,主要从事植物系统分类及植物资源开发研究。

收稿日期:1999-06-20

smithii type, which evolve respectively the close relative species. The gene locus distribution of esterase isozyme in *Peucedanum* is in parallel with the geographical distribution characters of species being analysed, and the evident belt properties was found. On the basis of summing up the data of morphology and geography, seven band patterns of esterase and geographical zones were established for *Peucedanum* in China.

Key words *Peucedanum* L.; systematic and evolution; geographical distribution; esterase isozyme

前胡属(*Peucedanum* L.)隶属于伞形科,全世界约有130种。我国有30余种,各地均产,资源丰富^[1]。前胡属是一个重要的药用植物资源类群,药用种类有10余种,白花前胡(*Peucedanum praeruptorum* Dunn)等为传统药材。前胡属在伞形科的系统分类中又是一个存在问题较多的重要分类群,属内种类组成复杂,有些种类的种间关系不清,属的外缘和与其他属的关系模糊,一直是伞形科研究的难题,值得深入研究。

有关该属的研究,除经典分类外,对某些种的染色体核型、植物化学成分、血清分类等^[2],国内外学者做了不少工作。但有关同工酶的研究则很少,为进一步搞清前胡属的系统演化,探讨分类学问题,更好地利用该属的植物资源,本文对我国前胡属代表种类的酯酶同工酶进行了研究。

1 材料和方法

1.1 材料

供试种类及产地见表1。供试样品为成年植株当年生的嫩叶片,均为混合取样。

1.2 方法

叶片洗净,吸干水分后剪碎,称取1~2g,按1:6(W:V)的比例加入0.1 mol/L磷酸缓冲液(pH 7.0),冰浴中研磨成匀浆,低温下15 000 r/min离心20 min,取上清液,加入等体积的40%蔗糖,摇匀后分装,置低温下储藏备用。

酶谱分离采用聚丙烯酰胺凝胶垂直平板电泳方法。浓缩胶浓度为4%,分离胶浓度为10%,化学聚合,稳压电泳。染色方法见参考文献[3]。

染色后的凝胶板立即照相、绘图并测量计算酶谱迁移率。为了更直观地反映种类间的亲缘关系,本文采用数量分类中的排序方法,根据酶谱的不相似性值对所分析的种类进行二维排序,排序方法见参考文献[4]。

2 结果与讨论

2.1 前胡属酯酶同工酶酶谱

(1) 为了比较确定酯酶的可用性,在实验中同时分析了酯酶、过氧化氢酶、苹果酸脱氢酶和淀粉酶。结果发现,除了酯酶外,另外几种酶的同工酶酶谱在前胡属中没有种间差异。前胡属酯酶同工酶酶谱种内差异较小,如产于东北长白山和千山2个居群的石防风(*Peucedanum terebinthaceum* (Fisch.) Fisch. ex Turcz.),其酶谱完全一样,但具有较稳定的种间差异。因此,酯酶同工酶在前胡属研究中是一种适用的酶种,作为一种酶学性状,能为该属的系统演化和分类处理提供较好的依据。

表 1 前胡属供试种类和产地

Tab 1 Species and their localities of *Peucedanum* L. tested

编号 No.	种类 Species	产地 Locality
1	马山前胡 <i>P. mshanense</i> Shan et Sheh	广西马山 Mashan, Guangxi
2	广西前胡 <i>P. guangxiense</i> Shan et Sheh	广西武鸣 Wuming, Guangxi
3	石防风 <i>P. terebinthaceum</i> (Fisch.) Fisch. ex Turcz.	吉林长白山 Changbaishan, Jilin
4	宽叶石防风 <i>P. terebinthaceum</i> var. <i>deltoideum</i> (Makino ex Yabe) Makino	北京百花山 Baihuashan, Beijing
5	石防风 <i>P. terebinthaceum</i> (Fisch.) Fisch. ex Turcz.	辽宁千山 Qianshan, Liaoning
6	华山前胡 <i>P. ledebourielloides</i> K. T. Fu	陕西华山 Huashan, Shaanxi
7	会泽前胡 <i>P. acaule</i> Shan et Sheh	云南会泽 Huize, Yunnan
8	竹节前胡 <i>P. dielsianum</i> Fedde ex Wolff	湖北恩施 Enshi, Hubei
9	武隆前胡 <i>P. wulongense</i> Shan et Sheh	四川武隆 Wulong, Sichuan
10	南川前胡 <i>P. dissolutum</i> (Diels) Wolff	四川金佛山 Jinfoshan, Sichuan
11	南川前胡 <i>P. dissolutum</i> (Diels) Wolff	四川金佛山 Jinfoshan, Sichuan
12	华中前胡 <i>P. medicum</i> Dunn	湖北恩施 Enshi, Hubei
13	岩前胡 <i>P. medicum</i> var. <i>gracile</i> Dunn ex Shan et Sheh	湖北恩施 Enshi, Hubei
14	华北前胡 <i>P. harry-smithii</i> Fedde ex Wolff	陕西天竺山 Tianzhushan, Shaanxi
15	广序北前胡 <i>P. harry-smithii</i> var. <i>grande</i> (K. T. Fu) Shan et Sheh	陕西华山 Huashan, Shaanxi
16	天竺山前胡 <i>P. ampliatum</i> K. T. Fu	陕西天竺山 Tianzhushan, Shaanxi
17	泰山前胡 <i>P. wawrae</i> (Wolff) Su	安徽琅琊山 Langyashan, Anhui
18	泰山前胡 <i>P. wawrae</i> (Wolff) Su	江苏南京 Nanjing, Jiangsu
19	白花前胡 <i>P. praeruptorum</i> Dunn	江西修水 Xiushui, Jiangxi
20	白花前胡 <i>P. praeruptorum</i> Dunn	江苏南京 Nanjing, Jiangsu
21	白花前胡 <i>P. praeruptorum</i> Dunn	陕西天竺山 Tianzhushan, Shaanxi
22	南岭前胡 <i>P. longshengense</i> Shan et Sheh	广西猫儿山 Maoershan, Guangxi
23	滨海前胡 <i>P. japonicum</i> Thunb.	山东济南(引种) Jinan, Shandong
24	红前胡 <i>P. rubricaulis</i> Shan et Sheh	云南中甸 Zhongdian, Yunnan
25	红前胡 <i>P. rubricaulis</i> Shan et Sheh	云南中甸 Zhongdian, Yunnan
26	刺尖前胡 <i>P. elegans</i> Komarov	吉林长白山 Changbaishan, Jilin

(2) 所分析的前胡属种类酯酶同工酶酶谱共有 6 个基因位点(E1~E6)。各谱带的 R_f 值见图 1。酶谱带可分为快带区、中带区和慢带区,其中慢带区(R_f 0.10~0.30)有 E1 和 E2;中带区(R_f 0.31~0.67)有 E3 和 E4;快带区(R_f 0.68~0.95)有 E5 和 E6。E1 和 E6 为单态酶;E2 和 E5 是三聚态酶;E3 和 E4 是四聚态酶。

2.2 前胡属种类酶学特征与分类处理

2.2.1 滨海前胡的酯酶同工酶特殊性

从酶谱特征来看,滨海前胡(*P. japonicum* Thunb.)为一独特类型。它的酶带均位于中带区,表现出两个基因位点 E3 和 E4。在排序图中,本种远离其他前胡属种类,与它们的关系最为疏远(图 2, I),是一个最进化的种类。因此,将其与其他种类区分开,自成一类。

滨海前胡因具有多枚小苞片,《中国植物志》将其与白花前胡(*P. praeruptorum* Dunn)、南岭前胡(*P. longshengense* Shan et Sheh)、台湾前胡(*P. formosanum* Hayata)等种类同置于多小苞组(Sect. *Bracteolata* Shan et Sheh)中。但是它的外部形态却与该组成员相差甚远。如植株高大,稍直立,常呈透莖状,茎中空,粗壮,曲折多分枝,光滑无毛;叶片宽大质厚,粉绿色,两面光滑无毛,叶鞘宽阔抱茎;花瓣紫色或白色,背具小硬毛等^[1]。这些形态差异已经超出了

种间的等级,达到组级水平。

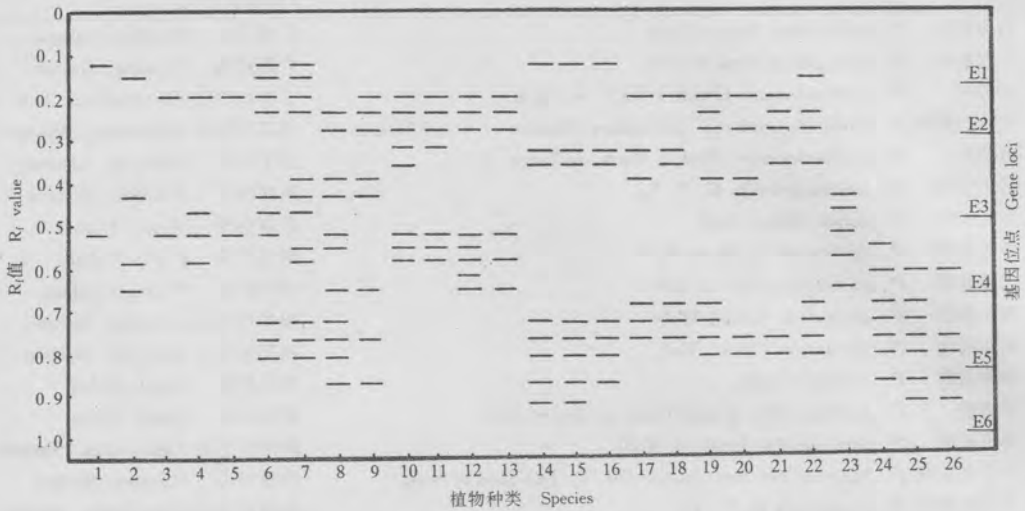


图1 前胡属植物酯酶同工酶谱

Fig 1 The esterase isozyme zymogram of *Peucedanum L.*

1. 马山前胡 *P. mshanense*; 2. 广西前胡 *P. guangxiense*; 3, 5. 石防风 *P. terebinthaceum*; 4. 宽叶石防风 *P. terebinthaceum* var. *deltoideum*; 6. 华山前胡 *P. ledebourielloides*; 7. 会泽前胡 *P. acaule*; 8. 竹节前胡 *P. dielsianum*; 9. 武隆前胡 *P. wulongense*; 10, 11. 南川前胡 *P. dissolutum*; 12. 华中前胡 *P. medicum*; 13. 岩前胡 *P. medicum* var. *gracile*; 14. 华北前胡 *P. harry-smithii*; 15. 广序北前胡 *P. harry-smithii* var. *grands*; 16. 天竺山前胡 *P. ampliatum*; 17, 18. 泰山前胡 *P. wawrae*; 19, 20, 21. 白花前胡 *P. praeruptorum*; 22. 南岭前胡 *P. longshengense*; 23. 滨海前胡 *P. japonicum*; 24, 25. 红前胡 *P. rubricaula*; 26. 刺尖前胡 *P. elegans*

另外,该种是我国前胡属中唯一分布在海岸带和海岛上的种类,是一个分布在中国-日本-菲律宾的近海植物种,为典型的中国-日本区系成分,并向南渗透到马来西亚植物亚区^[5]。与前胡属的其他种类相比,它有着独特的区系地理分布和生长环境,表现出向适应水分充足的生态环境演化的特点。

综上所述,滨海前胡可以认为是一个在特定区域和生态环境下独立演化而成的分类群,在分类上似应把它从原来的组中分出,单独成一组为宜。

2.2.2 广西前胡和马山前胡的酯酶同工酶保守性 马山前胡(*P. mshanense* Shan et Sheh)是一个在我国南方独立演化、具有较强的酯酶保守性的种类。它的酶谱带数量很少(图1),只有2条,由2个基因位点组成。与所分析的其他种类相比,非常特殊,自成一类(图2, II)。

广西前胡(*P. guangxiense* Shan et Sheh)的酶谱也很少,仅4条,由3个基因位点组成。从酶谱特征上看,这两个种共有E1和E4,广西前胡尚有E3。其中在E1上,它们分别拥有各自的纯合体(AA和BB);在E4上,马山前胡只表现出一纯合态谱带(AAAA),广西前胡却表现出另外2条谱带(BBBB和BBAA)。因此,从基因位点的角度上说,这两个种相对前胡属其他种类都较原始。但是彼此间也存在着一定的遗传隔离,马山前胡比广西前胡更原始,在排序图中二者明显分别归于不同的类群中(图2, II和VI)。

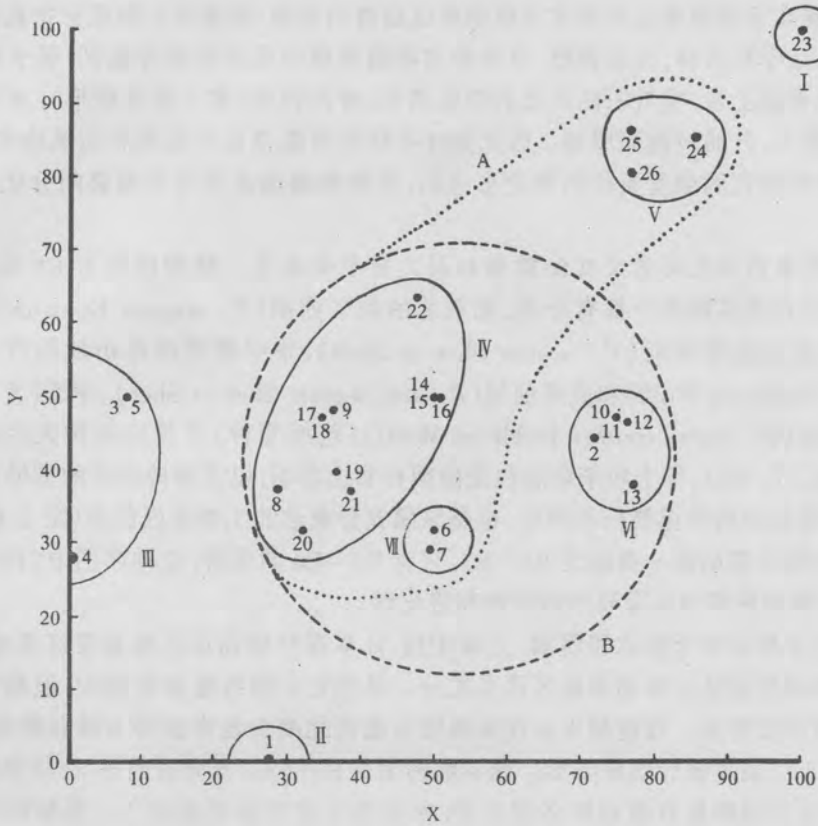


图 2 前胡属植物酯酶同工酶谱相似程度的二维排序
 Fig 2 The polar ordination for esterase isozyme of *Peucedanum* L.

马山前胡和广西前胡在外部形态和地理分布上也有着许多相近之处。它们都分布在华南的南岭以南石灰岩地区的低山山坡石缝中,植株不高,多从基部分枝;根茎木质化,明显延长并分枝;叶片革质或近革质,末回裂片较宽;伞辐较短等。这可能是由于它们的生长发育受到当地石灰岩基质环境中的水分限制,才具有类似的独特形态类型,表现出形态上的趋同演化。根据它们的酯酶同工酶表现出的较强保守性,外部形态具有明显木质化的原始特征,联系到本地区是东南亚与我国北温带种类交流的过渡带和特化地区,在中国-日本区系中具有明显的古老性,可以推测,上述二种不仅是我国前胡属特定南方演化类型的代表种类,而且很可能也是我国南方起源较古老的种类。

2.2.3 石防风及其变种宽叶石防风的演化关系 与马山前胡和广西前胡相似,石防风和宽叶石防风 [*P. terebinthaceum* var. *deltoideum* (Makino ex Yabe) Makino] 的谱带也是所分析样品中最少的(见图 1),从基因位点表现来看,二者是我国北方起源较原始的类群。二者都具有相同的基因位点 E2 和 E4,只是 E4 有区别,宽叶石防风比石防风多出一条杂合带;另外,宽叶石防风还有自己特有的 E3。由此来看,宽叶石防风是从石防风演化而来。

二者酯酶上的这种关系与它们的地理分布和形态特征所表现出的关系也相吻合。石防风分布于我国河北、内蒙古和东北全境,以及俄罗斯的外兴安岭和远东地区,属于东亚-东西伯利亚区系成分,是东亚植物地区向环北方植物地区过渡的种类;而宽叶石防风分布在该分布区的南部,即河北、辽宁和吉林,以及朝鲜、日本和与我国接壤的俄罗斯部分地区,属于东北亚区系成分^[5~7]。从形态上看,宽叶石防风比石防风高大,叶片较宽(宽三角状卵形),末回裂片也较宽,边缘锯齿粗大,叶质较硬而厚等。因此宽叶石防风可能是在石防风分布区南部,因适应更充足的水分和较适宜的温度条件而演化形成的,其酯酶谱类型可见明显的分化变异(图2, III)。

2.2.4 快带区基因位点的意义及红前胡和刺尖前胡的关系 快带区共有E5和E6两个位点,这两个位点在许多种类中都有分布,如东北的刺尖前胡(*P. elegans* Komarov)、滇西北的红前胡、滇东北的会泽前胡(*P. acaule* Shan et Sheh)、华中湘鄂西部山地的竹节前胡(*P. dielsianum* Fedde ex Wolff)和武隆前胡(*P. wulongense* Shan et Sheh)、华北(尤其是秦岭山脉)的华北前胡(*P. harry-smithii* Fedde ex Wolff)(包括变种)及其近缘种天竺山前胡(*P. ampliatum* K. T. Fu)、华中和华东的白花前胡和泰山前胡,以及南岭山区的南岭前胡等。可见,它们是中国前胡属的重要标志特征,也是该属充分表达的主要基因位点(图2,虚线A)。

红前胡和刺尖前胡是一类缺乏E1~E3,只有E4~E6的类群,在排序图中归在类V中(见图2),它们的酶谱带类型具有属的特征性和进化性。

这两个种分别分布于东北和西南,分属中国-日本森林植物亚区系北亚区系成分和中国-喜马拉雅森林植物亚区系云南高原地区区系成分。虽然它们的纬度差异较大,但却有一些相似的生态环境和形态特征。红前胡生长在高海拔的滇西北高山地带的桦木林和松林下,叶片多回强烈分裂,末回裂片披针形或条形。刺尖前胡生长在长白山低海拔的桦-松混交林或桦木阔叶混交林下,叶片同样具有强烈的多回分裂,末回裂片也与前者相似^[6]。根据纬度和海拔高度具有温度等价对应效应的原理,这两个种可能有类似的演化历史,从而表现出类似的特点。另外,这两个种的酶谱特征相似性和种类地理分布特点,从酶谱特征上反映出我国前胡属种类东亚成分的连续性。

2.2.5 华中前胡和华北前胡及其近缘种基因位点分布的互补关系及意义 华中前胡(*P. medicum* Dunn)及其变种岩前胡(*P. medicum* var. *gracile* Dunn ex Shan et Sheh)与南川前胡亲缘关系相近(图1,图2),它们的酯酶同工酶谱表现出高度一致,都有E2和E4,缺E1、E3、E5和E6。它们都是分布在华中地区湘鄂西部和云贵高原东北山地的我国特有种,这一地区在植物迁移过程中是众多植物的避难所,是我国特有属种分化发展的次中心。华北前胡及其近缘种与华中前胡酶谱类型截然相反,有E1、E3、E5和E6,而缺E2和E4,二者形成基因位点分布上的互补关系。在地理分布上华北前胡位于秦岭山脉以及大巴山、岷山的交汇处,是中国-喜马拉雅植物区系成分向东传播的主要途径之一^[8]。

这两个种不仅是当地演化形成的前胡属中两类基因位点的代表,而且在各自地区分别演化形成两群近缘种:近华中前胡基因位点型的种类(如南川前胡等)和近华北前胡基因位点型的种类(如天竺山前胡、白花前胡、泰山前胡和南岭前胡等)(见图2, IV和VI)。这两类植物的基因类型涵盖了我国前胡属酯酶基因位点表达的所有变化,二者合一,形成我国前胡属植物的主体,具有较强的属的代表性(图2,虚线B)。

2.2.6 多基因位点的种类 在所分析的种类中,具有多基因位点的有4种,即华山前胡(*P. ledebourielloides* K. T. Fu)、会泽前胡、竹节前胡和武隆前胡,它们都是我国特定区域演化的特有种。在形态上可分为两种类型。第一类为会泽前胡和华山前胡,分别特产于滇东北高山草地和秦岭北坡,植株多毛,不高,多分枝,叶片小,末回裂片细小,全缘。其中会泽前胡无茎,丛生,高仅5~10 cm,是我国前胡属种类最矮的一种;华山前胡茎枝细挺,多分枝,披散状,伞梗短,伞幅短小。第二类为竹节前胡和武隆前胡,特产于川东南山区,植株高大少毛,茎直立,少分枝,叶柄长,叶片大,末回裂片较宽,边缘具裂片或锯齿,伞形花序大,伞梗长。

在酯酶同工酶酶谱特征上也可以分成两类。华山前胡和会泽前胡都有E1而缺少E6(图2, VII),竹节前胡和武隆前胡缺乏E1而有E6(图2, IV),但它们都有华北前胡所表现的E1或E6,同时又共有华中前胡表现出的E2和E4,因此,从基因位点分布来看,这两类似乎都与华北前胡和华中前胡关系密切。在二维排序图中也反映出了这一特点(图2,虚线B中IV和VI),表明多基因位点植物介于上述两类之间。这4个种的分布区分别位于四川盆地两侧的秦巴山地和云贵高原山地,与上述两类植物的分布区有着密切的关系。因此,上述种类代表了我国前胡属特有种分化过程中保留下来的多基因位点类型。

2.2.7 华北前胡及其近缘种与E4位点缺失的关系 从酯酶同工酶的谱型和二维排序结果来看(图1,图2),华北前胡与广序北前胡(*P. harry-smithii* var. *grands* (K. T. Fu) Shan et Sheh)和天竺山前胡明显近缘,排序图显示出它们具有同等进化程度。它们的酶谱共显示出4个基因位点(E1、E3、E5和E6),广序北前胡与华北前胡相同,天竺山前胡与它们仅在E6上有区别,且差异很小,因此可以认为天竺山前胡是华北前胡在秦岭南坡高山上演化而成的一个变异类型。

从酯酶同工酶基因位点来看,与华北前胡近缘的种类尚有泰山前胡、白花前胡和南岭前胡,它们的共同点是缺E4,而有E3和E5,但它们都有自己独有和缺乏的基因位点。如华北前胡、广序北前胡和天竺山前胡有E1和E6,缺E2;泰山前胡和白花前胡有E2,缺E1和E6;南岭前胡缺E6而有E1,可见它们在遗传上既表现出较大的亲缘关系,同时又表现出各自的特异性。这几个种酯酶同工酶酶谱所表现出的亲缘关系,与它们依据地理分布和形态特征进行的分类处理相吻合。在秦岭以北的黄土高原以及秦岭西段的秦、巴、岷交汇地区分布有华北前胡;秦岭东段北坡至太行山北段山区分布着广序北前胡;秦岭东段的南坡和豫西山地区分布着天竺山前胡和华北前胡的另一变种少毛北前胡(*P. harry-smithii* var. *subglabrum* (Shan et Sheh) Shan et Sheh);辽东半岛、山东丘陵至黄淮平原和长江下游平原分布着泰山前胡;白花前胡分布于这个范围的西部、中部和南部广大地区;南岭前胡是仅分布在南岭山区高海拔的一个种。从分布上看,它们各自有着自己的分布范围,又有着各自独特的生态环境和选择压力,因此在酶谱上也自然表现出如前所述的特点。在外部形态上,它们彼此之间也有许多相同之处,有些性状如叶片毛被、苞片、果实形态和油管等形态性状存在着诸多过渡。因此将它们分在同一组中,二维排序的结果也说明了这一点(图2, IV)。

从酯酶酶谱类型的地理分布来看,这一广大地区以缺乏E4而与其他地区的种类相区别,但其中分布的种类都以不同程度的缺失基因位点而彼此有区别,并形成地理替代。以太行山、秦岭为界,这两大山系以及以北的黄土高原地区的种类,包括华北前胡及其变种,以及天竺山前胡酯酶同工酶酶谱缺失E2,却拥有E1和E6;此界以南地区的种类都有E2,但缺乏E6;在华

南的南岭前胡缺乏 E6;两者之间地区的种类同时缺乏 E1 和 E6,包括泰山前胡和白花前胡,即使它们彼此之间也有区别,如在 E2 位点上白花前胡表达出三条带,而泰山前胡只有一条带(AA);在 E3 位点上,泰山前胡有三条带(AAAA、AAAB 和 AABB),而白花前胡只有二条带(AABB、ABBB);在 E5 位点上,它们共有三聚态酶的 ABB,但泰山前胡拥有 AAA 和 AAB,白花前胡拥有 BBB。由此可见,这一地区前胡属种类相对其他地区的种类,不仅近缘,而且在地理分布、外部形态和酯酶同工酶基因位点上形成了替代,彼此的格局构成了地理替代种。

2.2.8 我国前胡属植物酯酶基因位点的地理分布格局和代表种类 根据我国前胡属植物种类的地理分布,结合上述分析,对所分析的前胡属种类的酯酶同工酶基因位点分布类型进行了地理区域划分,从北向南以小兴安岭、太行山、秦岭、大巴山、鄂西山、云贵高原山地和南岭、武夷山为轴线,将 7 个酯酶同工酶基因位点组对应划分为 7 个地理表型区,每个地理表型区都有特定的基因位点类型和代表植物。

表型区 1 中国-日本-菲律宾环近海岛屿和滨海山地地区:具有 E3 和 E4 基因位点,代表种类为滨海前胡。

表型区 2 东北地区:具 E2 和 E4,代表种类为石防风。

表型区 3 华北、华中和华东地区:以具有 E3 和 E5,缺乏 E4 为特征,又分为三个亚区:

亚区 A 太行山-黄土高原-秦岭(华北)地区:以具有 E1、E6 而缺乏 E2 为特征,代表种类为华北前胡。

亚区 B 南岭地区:以具 E1 和 E2 而缺乏 E6 为特征,代表种类为南岭前胡。

亚区 C 大巴山-湘鄂西-南岭-武夷山-沿海(即华中和华东)地区:以具有 E2,缺 E1 和 E6 为特征,代表种类为白花前胡和泰山前胡。

表型区 4 云贵高原东段湘鄂西-南岭地区:具有 E2 和 E4,代表种为华中前胡。

表型区 5 华南地区:具有 E1、E2、E3 和 E4,代表种类为广西前胡和马山前胡。

表型区 6 云贵高原-跨四川盆地至秦岭大巴山分布区:以拥有全部基因位点为特征,其中有两类:

类 1 是滇东南高山-秦岭类型,近似于图 2 中Ⅶ,仅缺 E6,代表种类为会泽前胡;

类 2 是川东山地-秦岭类型,近似于图 2 中Ⅳ,仅缺 E1,代表种为竹节前胡。

表型区 7 滇西北横断山-跨秦岭至日本海近海山地分布区:具 E4、E5 和 E6,代表种类为红前胡和刺尖前胡。

参 考 文 献

- 1 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志 第五十五卷(第三分册). 北京:科学出版社,1977.
- 2 刘启新,惠红,余孟兰. 前胡属(*Peucedanum* L.)血清分类学研究. 植物资源与环境,1998,7(1):20~26.
- 3 上海植物生理学会编. 植物生理学实验手册. 上海:上海科学技术出版社,1985.
- 4 江洪,王琳. 柏木属植物过氧化物酶同工酶的研究. 植物分类学报,1986,24(4):253~259.
- 5 王荷生编著. 植物区系地理. 北京:科学出版社,1992.
- 6 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.
- 7 Pimenov M. A new Asiatic genus of family Umbelliferae. Bot Zh (Leningrad), 1986, 71(7): 942~949.
- 8 中国科学院西北植物研究所编著. 秦岭植物志,第一卷(第三册). 北京:科学出版社,1991. (责任编辑:宗世贤)