34 Weigel D, Nilsson O. A developmental switch sufficient for flower initiation in diverse plants. *Nature*, 1995, 377: 495~ 500

35 Mandel M A, Yanofsky M F. A gene triggering flowers formation in *Arabidopsis*. *Nature*, 1995, 377: 522~ 524

(1998-03-18 收稿)

华夏植物群的起源、演化和绝灭

孙克勤

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要 对华夏植物群的起源、演化和绝灭的一些相关问题进行了评述和论证. 近期的研究成果表明, 华夏植物群是在早石炭世全球一致性的拟鳞木植物群基础上分化和发展起来的, 在晚石炭世早期(Namurian B~ C)即已形成了一个独立的植物群——华夏植物群. 华夏植物群的起源中心位于华北板块. 根据不同时期华夏植物群的演替特征, 这一植物群可分为7个演化阶段. 华夏植物群总的演化趋势是从晚石炭世早期至晚二叠世早期, 华夏型的特征分子逐渐增加, 晚二叠世晚期开始衰减, 由于受气候分异、构造运动、洋流作用、古地理环境、地外事件以及植物演化一些综合因素的影响, 从而导致其在二叠纪末期大规模的集群绝灭.

关键词 华夏植物群 起源 演化 晚石炭世 二叠纪

华夏植物群为全球晚石炭世~ 二叠纪四大植物群之一. 华夏植物群(*Cathaysia flora*)这一术语系 Halle^[1]提出, 源于华夏古陆. 华夏植物群以含有 *Cathaysiodendron*, *Lobatannularia*, *Tingia*, *Tingiostachya*, *Conchophyllum*, *Yuania*, *Rajiahia*, *Fascipteris*, *Emplectopteris*, *Emplectopteridium*, *Cathaysiopteris*, *Gigantonoclea*, *Gigantopteris*, *Otofolium* 等特有属和 *Lepidodendron oculusfelis*, *Plagiozamites oblongifolius*, *Pecopteris taiyuanensis*, *Alethopteris norinii*, *Callipteridium koraiense*, *Taeniopteris mucronata*, *Pterophyllum daihoense* 等大量的地方性分子为特征. 这一植物群主要分布在中国、朝鲜、日本、老挝、泰国、印度尼西亚和马来西亚等地. 在伊拉克和沙特阿拉伯也有华夏植物群分子分布的报道. 华夏与冈瓦纳混合植物群见于中国西藏南部、克什米尔、土耳其、新几内亚等地. 华夏与安加拉混合植物群在黑龙江伊春和甘肃肃南县等地均有报道. 晚石炭世和二叠纪华夏植物群及其混合植物群的分布见图1. 中国是最重要的华夏植物群产地. 也是华夏植物群的起源中心. 华夏植物群的研究历史悠久. 一个多世纪以来, 有关华夏植物群的研究已取得了重要进展^[2~ 12]. 然而, 迄今为止有关华夏植物群的起源、演化和绝灭问题仍未能达成一致性的意见, 所以对于这一重大主题的研究是古植物学家们日趋关注的焦点议题之一.

1 华夏植物群的起源

关于华夏植物群起源问题, 一些中外古植物学家曾提出不同的认识, 争论的焦点是华夏植物群的起源时间和形成机制.

(1) 李星学^[13]提出华夏植物群起源于晚石炭世太原期, 即相当于 Stephanian 期, 并视这一植物群为早期华夏植物群, 以华北太原群植物群为代表. 关于华夏植物群的形成机制问题,

<https://engine.scichina.com/doi/10.1360/csb1998-43-20-2139>

Li Xingxue 等人^[14]认为华夏植物群完全是由东亚中石炭世欧美植物群发展而成的,在晚二叠世早期最为繁盛,三叠纪初绝灭.

图1 晚石炭世和二叠纪华夏植物群及其混合植物群分布图

1——华夏植物群, 2——华夏-安加拉混合植物群, 3——华夏-冈瓦纳混合植物群

(2) Chaloner 等人^[15] 鉴于在中国 Westphalian 期已出现 *Tingia*, *Conchophyllum*, *Kaipingia*, *Lepidodendron oculusfelis* 华夏型属和种, 提出在 Westphalian 期华夏区就已作为一个独特的植物区而存在.

(3) 孙克勤¹⁾ 提出, 根据我国 Namurian 期出现的若干颇具东方色彩的鳞木属(*Lepidodendron*)、窝木属(*Bothrodendron*) 等的一些特征分子和以 *Lopinopteris intercalata* Sze 为代表的大量地方性分子, 确认华夏植物群是在早石炭世全球一致性的拟鳞木植物群基础上分化和发展起来的, 在 Namurian 期就已形成一个初具规模的以东方型鳞木和窝木为特征的独特植物群. 孙克勤¹⁾ 就华夏植物群的形成机制问题进一步提出, 华夏植物群并非起源于欧美植物群, 而是起源于拟鳞木植物群, 拟鳞木植物群具世界性分布, 所以不能与欧美植物群混为一谈^[16]. 孙克勤^[16] 认为“拟鳞木植物群主要繁盛于早石炭世 Tournaisian 和 Viséan 期, 在 Viséan 晚期至 Namurian A 期开始衰败, 濒临灭绝. 在拟鳞木植物群趋于绝灭阶段, 华夏植物群的一些先驱分子和地方性分子开始出现. 到了 Namurian 晚期(Namurian C) 则形成了一个独立的华夏植物群, 即早期华夏植物群, 完成了从拟鳞木植物群向华夏植物群的过渡阶段.” 此外, Sun Kegin²⁾ 对华夏植物群的起源和形成机制进行了研究. 进一步强调在晚石炭世早期(Namurian B~ C)

1) 孙克勤. 山东淄博地区晚石炭世~ 早二叠世植物群及其古生态学研究. 长春地质学院博士学位论文, 1990, 191

2) Sun Kegin. Origin of the Cathaysia flora. Abstracts of International Conference of Diversification and Evolution of Terrestrial Plants in Geological Time (ICTPG), Nanjing, 1995. 18~ 19

就已形成了一个独立的植物群——华夏植物群,其时限从晚石炭世早期开始至二叠纪末期结束^[17, 18].

李星学等人^[19]首次提出“前华夏植物群”这一术语,提出中国的早石炭世植物群为前华夏植物群,认为华夏植物群很可能起源于主要生存于中国早石炭世的前华夏植物群^[19, 20]. 早石炭世,由于全球气候分带不明显,无显著植物分区现象,所以全球广泛分布一个一致性的植物群,即拟鳞木植物群(*Lepidodendropsis flora*)^[21]. Sun Keqin^[18]认为,在早石炭世晚期,由于气候逐渐开始分异和植物自身的演化导致后期植物群即华夏植物群、欧美植物群、安加拉植物群和冈瓦纳植物群的先驱分子出现^[22]. Chandra 等人^[23]对全球早石炭世拟鳞木植物群的分布、演化和绝灭进行了论述,并提出在早石炭世尽管华夏大陆、欧美大陆、安加拉大陆和冈瓦纳大陆含有它们各自的一些地方性分子,但这是由于不同大陆的局部生态变异引起的,拟鳞木植物群的性质没有改变. Vijaya 等人^[24]认为拟鳞木植物群为晚石炭世~ 晚二叠世的华夏植物群、欧美植物群、安加拉植物群和冈瓦纳植物群的形成提供了母源(parent source). Li Xingxue 等人^[25]也曾认为拟鳞木植物群在早石炭世 Tournaisian 期广泛分布于北半球和南半球各大陆. 同时他们还认为在我国南方和西北地区出现的早石炭世 Viséan 期植物群是以 *Cardiopteridium spetsbergense*, *Archaeocalamites scrobiculatus*, *Triphyllopteris collombiana* 占优势,与西欧同期植物群是一致的. *Cardiopteridium spetsbergense*, *Archaeocalamites scrobiculatus*, *Triphyllopteris collombiana* 是典型的拟鳞木植物群分子,具世界性分布. 鉴于中国早石炭世植物群含有大量的拟鳞木植物群特征属,如 *Lepidodendropsis*, *Sublepidodendron*, *Archaeocalamites*, *Cardiopteridium*, *Rhodeopteridium*, *Triphyllopteris*, *Adiantites* 等,因此,本文作者认为中国的早石炭世植物群应为全球早石炭世拟鳞木植物群的一个重要的组成部分,“前华夏植物群”与拟鳞木植物群为同物异名,应予以废弃. 尽管在中国早石炭世晚期出现少数华夏植物群的先驱分子和若干地方性分子,但仍以拟鳞木植物群分子为主体,早石炭世拟鳞木植物群的整体性质并没有改变. 吴秀元^[26]根据华北本溪组出现的一些华夏型分子,认为华夏植物群从本溪期开始. 显然,吴秀元的观点与 Chaloner 等人^[15]的观点是一致的,即华夏植物群起源于 Westphalian 期. 从李星学^[20, 27]的论文表格中不难看出,他对华夏植物群起源于晚石炭世早期,即 Namurian B~ C 期持肯定意见. 田宝霖等人^[28]通过对我国煤核植物的研究,认为华夏植物群是在 Namurian C 期以后才逐渐形成的. 胡雨帆^[29]认为,“我国的华夏植物群不应从欧美植物区划出,而是继我国西北地区具地方色彩的晚泥盆世植物群后发展起来的,其通道即为北祁连走廊.”这些认识表明,尽管关于华夏植物群的起源时间尚未取得一致性的意见,但完全否定了华夏植物群起源于欧美植物群的观点. 然而,随着研究的不断深入,关于华夏植物群起源于晚石炭世早期即 Namurian B~ C 期并作为一个独立的植物群而存在的观点正逐渐被大多数古植物学家们所接受.

近年来,随着对早石炭世晚期(Late Viséan-Namurian A)和晚石炭世早期(Namurian B~ C)植物群研究的深入,也对华夏植物群的起源问题有了新的认识. 根据近年来的研究成果表明,华夏植物群中的少数先驱分子和若干地方性分子在华北板块早石炭世晚期地层即已出现(表1).

表1 中国北方早期华夏型和地方性分子在早石炭世晚期的出现

种 名	时 代	产 地	资料来源
<i>Lepidodendron</i> cf. <i>aolungpylukense</i> Sze	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南东南部	[30]
<i>L. dabieshanense</i> Wu	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南固始	[31]
<i>L. ninghsiaense</i> Sze et Lee	Visean 晚期至 Namurian A 期	辽宁本溪和内蒙古乌达	[32, 33]
<i>L. shanyangense</i> Wu et He	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南东南部	[30]
<i>L. subrhombicum</i> Gu et Zhi	Namurian A 期	内蒙古乌达	[33]
<i>L. cf. subrhombicum</i> Gu et Zhi	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南东南部	[30]
<i>Cathaysiodendron</i> ? sp.	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南固始	[31]
<i>Bothrodendron flabellatum</i> Wu	Visean 晚期至 Namurian A 期	河南固始	[31]
<i>Tingia trilobata</i> Stockmans et Mathieu	Namurian A 期	宁夏中宁	[33]
<i>Conchophyllum richthofenii</i> Schenk	Visean 晚期至 Namurian A 期	辽宁本溪	[32]
<i>Paripteris otozamioides</i> (Sze et Lee)	Namurian A 期	宁夏中宁	[33]
<i>Linopteris simplex</i> Gu et Zhi	Namurian A 期	宁夏中宁	[33]

此外,吴秀元等人^[34]还研究了产于宁夏中卫 Namurian 期地层中的 *Lepidodendron* cf. *aolungpylukense* Sze, *Paripteris cardiopteroides* (Bohlin), *Linopteris densissima* Gu et Zhi, 以及产于内蒙古呼鲁斯太 Namurian 期地层中的 *Lepidodendron ninghsiaense* Sze et Lee, *L. cf. subrhombicum* Gu et Zhi, *Cathaysiodendron* ? sp., *Paripteris otozamioides* (Sze et Lee). 根据这些华夏植物群的先驱分子和地方性分子的分布特征,本文作者认为华夏植物群的起源中心位于华北板块. 华夏植物群的先驱分子和地方性分子在华北板块的西北部、东部和南部地区的分布特征完全可以证明这一结论. 近年来,一些早期华夏型分子在宁夏中宁和中卫、甘肃景泰和靖远、内蒙古乌达和呼鲁斯太、河南固始和商城、辽宁本溪等地的早石炭世晚期和 Namurian B~ C 期地层中均有发现,因此,可将这些地区视为华夏植物群起源的发源地. 从晚石炭世早期开始,这些华夏植物群的先驱分子和地方性分子由于演化、扩散、迁移以及板块之间的相互碰撞和海平面升降的变化,导致华夏植物群地理分布面积不断扩大,构成了以东亚地区为主体的植物地理分区,即华夏植物区. 在早石炭世至晚石炭世的转换期,由于气候分异、构造运动、洋流作用的变化趋于明显,导致了拟鳞木植物群的绝灭和华夏植物群的形成. 华夏植物群是在早石炭世全球一致性的拟鳞木植物群的基础上分化和发展起来的,在晚石炭世早期(Namurian B~ C)则形成了一个独立的植物群——华夏植物群.

2 华夏植物群的演化

李星学^[13]曾对华北月门沟群植物群进行了系统研究,他将华北晚石炭世晚期(Stephanian 期)至晚二叠世的植物群分别划分为早期华夏植物群、中期华夏植物群和晚期华夏植物群. 此外,李星学^[35]还提出:“真正的华夏植物群是晚石炭世才逐渐形成,二叠纪时大盛于东亚,至晚二叠世时为其鼎盛阶段,三叠纪初才趋于衰亡.”然而,近年来有关华夏植物群从晚石炭世早期(Namurian B~ C)至二叠纪末期演化时限的认识越来越趋于一致^[17, 18, 20, 27]. 华夏植物区可被划分为北方华夏植物群亚区和南方华夏植物群亚区^[36]. 最近,Mei Meitang 等人^[37]提出 Xu-Huai-Yu(徐州-安徽-禹县)华夏植物群亚区. 显然这一亚区具有北方植物群亚区和南方植物群亚区的过渡性质.

根据不同时期华夏植物群的演替特征,这一植物群可以划分为 7 个演化阶段,分别以 7 个植物组合为代表(表 2). 作者划分不同时期植物演化阶段各植物组合的原则是从植物群的宏观特征考虑,视华夏植物区为一整体,采用华夏型分子作为各植物组合的代表分子^[22].

表2 华夏植物群的演化

时 代		植物群	演化阶段	植 物 组 合
晚二叠世	Tatarian	华夏植物群		<i>Yuania magnifolia</i> - <i>Annularia pingloensis</i>
	Kazanian		v	<i>Gigantonoclea hallei</i> - <i>Gigantopteris nicotianaefolia</i>
早二叠世	Kungurian	华夏植物群	(vi)	<i>Emplectopteris triangularis</i> - <i>Cathaysiopteris whitei</i>
	Aritinskian			
	Sakmarian		Ⓔ	<i>Lobatannularia sinensis</i> - <i>Taeniopteris mucronata</i>
	Asselian			
晚石炭世	Stephanian	华夏植物群	Ⓕ	<i>Lepidodendron szeianum</i> - <i>Cathaysiodendron naniense</i>
	Westphalian		Ⓖ	<i>Lepidodendron galeatum</i> - <i>Conchophyllum parvifolium</i>
	Namurian (B~C)		iv	<i>Lepidodendron aolungpylukense</i> - <i>Bothrodendron circulare</i>

晚石炭世的华夏植物群主要分布于中国北方,以含有一些华夏属 *Cathysiodendron*, *Conchophyllum*, *Tingia*, *Reticaethopteris*, *Lopinopteris* 等以及含大量的华夏种和地方种 *Lepidodendron aolungpylukense*, *L. oculusfelis*, *L. posthumii*, *L. szeianum*, *Bothrodendron circulare*, *Sphenophyllum kawasaki*, *Paripteris kaipingiana*, *Alethopteris ascendens*, *Callipteridium tachingshanense* 等为特征. 晚石炭世的华夏植物群也含有若干与欧美植物群共有的分子,如 *Calamites cistii* Brongniart, *Annularia pseudostellata* Potonié, *Pecopteris candolleana* Brongniart, *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan, *Neuropteris ovata* Hoffmann, *Linopteris brongniartii* Gutbier, *Cordaites principalis* (Germar) Geinitz 等. 在石炭纪和二叠纪,华夏植物区和欧美植物区均位于赤道附近的低纬度地区,生存于热带气候条件下,由于气候条件相近,所以这两个植物区彼此存在一些相同或相似的分子,反映了它们的平行演化.

二叠纪的华夏植物群主要分布在中国、朝鲜、日本、老挝、泰国、印度尼西亚和马来西亚等地,以含有 *Lobatannularia*, *Yuania*, *Rajiahia*, *Fasciapteris*, *Emplectopteris*, *Emplectopteridium*, *Cathaysiopteris*, *Gigantonoclea*, *Gigantopteris*, *Otofolium* 等特有属和 *Lepidodendron asymmetricum*, *Annularia pingloensis*, *Plagiozamites oblongifolius*, *Pecopteris taiyuanensis*, *Alethopteris norinii*, *Callipteridium koraiense*, *Taeniopteris mucronata* 等大量的地方性分子为特征.

上述植物组合分别代表了不同地质时期华夏植物群的演化阶段. *Conchophyllum* 是华夏植物群的特征属,该属分子 *Conchophyllum richthofenii* Schenk 最早偶见于早石炭世晚期(Namurian A),繁盛于晚石炭世中期(Westphalian),晚石炭世晚期(Stephanian)已毫无踪迹. *Lopinopteris* 也是华夏植物群的特有属,该属 *Lopinopteris intercalata* Sze 一种的演化历程为早石炭世晚期至晚石炭世中期. 华夏植物群的特有属 *Reticaethopteris* 其分子 *Reticaethopteris yuani* (Sze) 的演化历程主要限于晚石炭世早期(Namurian B~C). *Tingia* 为华夏植物群的特

征属, 演化历程长, 其先驱分子 *Tingia trilobata* Stockmans et Mathieu 最早见于早石炭世晚期 (Namurian A). *Tingia* 一属其他一些典型种如 *Tingia carbonica* (Schenk) Halle, *T. crassinervis* Halle, *T. hamaguchii* Kon'no, *T. partita* Halle 等则大量繁盛于二叠纪, 绝灭于二叠纪末期. 归于 *Bothrodendron* 属的一些华夏型分子如 *Bothrodendron circulare* Sze, *B. reticulatum* Sze, 主要繁盛于晚石炭世早期, 绝灭于晚石炭世中期. *Bothrodendron kuianum* Lee 则仅见于晚石炭世晚期. 在华夏植物区, *Bothrodendron* 的演化历程仅现于石炭纪. 华夏植物区的鳞木属 (*Lepidodendron*) 最早起源于早石炭世, 绝灭于二叠纪末期. *Lepidodendron aolungpylukense* 是晚石炭世早期分布颇为广泛的特征分子. *Lepidodendron galeatum* Gu et Zhi, *L. ninghsiaense* Sze et Lee, *L. subrhombicum* Gu et Zhi 等主要繁盛于晚石炭世中期, 在晚石炭世晚期已毫无踪迹. *Lepidodendron szeianum* Lee 主要繁盛于晚石炭世晚期, 偶见于早二叠世早期. *Lepidodendron posthumii* Jongmans et Gothan 其时限为晚石炭世晚期和早二叠世早期. *Lepidodendron oculusfelis* (Abbado) Zeiller 的演化历程主要为晚石炭世中期至晚二叠世早期. *Lepidodendron asymmetricum* Gu et Zhi, *L. polygonale* Gu et Zhi 主要繁盛于晚二叠世早期. 华夏植物群的特征属 *Cathaysiodendron* 主要见于晚石炭世晚期至早二叠世早期, 其特征种 *Cathaysiodendron nanpiaoense* Lee 多见于晚石炭世晚期. 二叠纪, 华夏植物群特征属大量增加, 如 *Lobatannularia*, *Rajiahia*, *Yuania*, *Fascipteris*, *Emplectopteris*, *Emplectopteridium*, *Cathaysiopteris*, *Gigantonoclea*, *Gigantopteris*, *Otofolium* 等, 其中大羽羊齿属 (*Gigantopteris*) 是最具有代表性的华夏植物群植物, 多见于华南晚二叠世.

华夏植物群的成分是以石松类、楔叶类、真蕨类、种子蕨类、科达类等为主体的喜湿热植物, 指示热带气候条件^[38~40], 只是在二叠纪逐渐出现少量的苏铁类、银杏类和松柏类植物. 华北中植代分子的产生和发展与晚古生代高地的出现, 特别是陆地不断扩大, 气候逐渐变干旱有关^[41]. 华夏植物群的演化不仅取决于植物形态功能对其生态环境的适应能力, 而且还受古气候、古地理和构造运动的制约. 华夏植物群总的演化趋势是从晚石炭世早期至晚二叠世早期, 华夏型的特征分子逐渐增加, 晚二叠世晚期开始衰减, 绝灭于二叠纪末期.

3 华夏植物群的绝灭

生物绝灭事件是古生物学研究领域中的焦点问题之一. 如何解释二叠纪末期华夏植物群大规模的集群绝灭, 为古植物学家提出了新的课题. 有关华夏植物群的绝灭问题曾由李星学^[27, 35]、王自强^[41]、李中明^[42]等从不同角度进行了探讨. 王自强研究了华北二叠纪古植物事件, 并讨论了古生代和中生代交替植物类群的变化和绝灭. 李中明提出古生代末植物集群绝灭事件不是由一次全球性地质事件造成的, 而是由多种局部地质事件合并连续发生所致. 显然, 他强调局部地质事件是导致植物群绝灭的主要因素. 然而, 有关华夏植物群的绝灭问题还没有得到实质性的解决. 生物绝灭是生物演化进程中的生物事件. 从晚石炭世早期至二叠纪末期在华夏植物群的演化进程中经历了两次绝灭事件, 即石炭纪末期的绝灭事件, 为正常绝灭或背景绝灭 (background extinction) 和二叠纪末期的绝灭事件, 为集群绝灭 (mass extinction), 其中最大的一次是二叠纪末期的集群绝灭事件.

在华夏植物区, 晚石炭世华夏植物群的特有属仅出现 *Conchophyllum*, *Cathaysiodendron*, *Tingia*, *Lopinopteris*, *Reticaethopteris* 等少数几属, 其他许多属则是与欧美植物群所共有的, 如 *Lepidodendron*, *Lepidophloios*, *Bothrodendron*, *Sphenophyllum*, *Paripteris*,

Linopteris, *Sphenopteris*, *Alethopteris*, *Pecopteris* 等. 所以, 晚石炭世的华夏植物群与同期的欧美植物群相比其主要差异体现在种级的变化上. 晚石炭世末期, 除了华夏植物群的特有属 *Conchophyllum*, *Lopinopteris*, *Reticaethopteris* 已绝灭外, 大量的绝灭则是华夏植物群中的特征种和地方性分子, 诸如 *Lepidodendron aolungpylukense* Sze, *L. galeatum* Gu et Zhi, *L. ninghsiaense* Sze et Zhi, *L. subrhombicum* Gu et Zhi, *L. tripunctatum* Stockmans et Mathieu, *Lepidophloios orientalis* Gu et Zhi, *Bothrodendron circulare* Sze, *B. reticulatum* Sze, *B. kuianum* Lee, *Palaeostachya rhabda* Gu et Zhi, *Sphenopteris marchalii* Stockmans et Mathieu, *S. parabaeumleri* Sze, *Paripteris kaipingiana* (Sze), *P. otozamoides* (Sze et Lee), *Linopteris densissima* Gu et Zhi, *L. simplex* Gu et Zhi, *Dicranophyllum latum* Schenk 等. 此外, 在石炭纪末期, 华夏植物群与欧美植物群共有的一些属, 如 *Lepidophloios*, *Bothrodendron*, *Paripteris*, *Linopteris* 也已绝灭. 在二叠纪, 大量的华夏型特征分子开始出现和繁盛, 如 *Lepidodendron varium* Gu et Zhi, *Sphenophyllum rotundatum* Halle, *Annularia orientalis* Kawasaki, *Lobatannularia sinensis* (Halle) Halle, *Yuania striata* Sze, *Pecopteris taiyuanensis* Halle, *Fascipteris stena* Gu et Zhi, *Emplectopteris triangularis* Halle, *Emplectopteridium alatum* Kawasaki, *Gigantonoclea guizhouensis* Gu et Zhi, *Gigantopteris nicotianaefolia* Schenk, *Taeniopteris mucronata* Kawasaki, *Caulopteris sinensis* Lee, *Pterophyllum daihoense* Kawasaki, *Otofolium ovatum* Gu et Zhi 等. 值得指出的是, 大量的华夏植物群分子在晚二叠世早期(Kazanian)和晚二叠世晚期(Tatarian)的转换期即已开始绝灭, 只是到了二叠纪末期绝灭达到极限, 所有的华夏植物群特征属种基本上全部灭绝. 每一物种都具有其地理分布范围, 植物的地理分布明显受气候和环境因素的控制. 从晚石炭世早期至早二叠世晚期, 华北板块气候湿热, 植物繁盛. 从晚二叠世早期开始, 华北板块气候逐渐转向干旱, 晚二叠世晚期华北板块的干旱气候加剧, 导致了植物群的绝灭. 晚二叠世早期, 华南板块正处于海退时期, 陆地面积明显扩大, 以大羽羊齿类为代表的植物群高度繁盛, 指示湿热的气候条件. 晚二叠世晚期, 华南板块多被海水淹没, 陆地面积明显缩小, 植物生存的环境受到了破坏. 正是由于受气候分异、构造运动、洋流作用、古地理环境、地外事件以及植物演化这些综合因素的影响, 从而导致了华夏植物群在二叠纪末期大规模的集群绝灭.

4 结论与前景

(1) 在早石炭世与晚石炭世的转换期, 拟鳞木植物群绝灭, 华夏植物群兴起. 华夏植物群是在早石炭世全球一致性的拟鳞木植物群的基础上逐渐分化和发展起来的. 尽管有关华夏植物群起源问题的研究已取得了重要进展, 但有关它的形成机制还需要深入研究, 特别是与前期植物群, 即拟鳞木植物群的关系有待于进一步查明. 鉴于早期华夏型分子在华北板块的出现, 华北板块可被视为华夏植物群的起源中心, 而位于该板块西北部的贺兰山一带应视为该植物群的起源点(point of origin). 因为贺兰山一带 Namurian 期地层发育, 许多华夏型和地方性分子已被发现于此. 因此, 贺兰山一带是今后研究华夏植物群起源的理想地区.

(2) 华夏植物群的演化具阶段性发展, 其总的演化趋势是从晚石炭世早期至晚二叠世早期, 华夏型的特征分子逐渐增加, 晚二叠世晚期开始衰减, 在二叠纪末期大规模的集群绝灭. 在华夏植物群研究中, 鉴于植物形态学研究已有相当的工作基础, 开展化石植物生殖学的研究是今后的主要研究方向之一, 这项研究可为植物的系统演化提供重要的线索和证据. 华夏植物群

与其同期植物群,即欧美植物群、安加拉植物群和冈瓦纳植物群的关系也是需要进一步研究的问题.此外,对于植物古生态学的研究是了解地质历史时期植物与环境的关系的一个重要环节,因为生态环境是植物赖以生存的基础.

(3) 华夏植物群在其演化进程中经历了两次绝灭事件,即石炭纪末期的绝灭事件(正常绝灭事件)和二叠纪末期的绝灭事件(集群绝灭事件).二叠纪末期植物群的绝灭与全球生物绝灭事件是同步的,显然是与地内事件、地外事件以及植物自身演化一些综合因素有关.

致谢 本工作作为国家自然科学基金(批准号:49472075)和“攀登”计划专项(编号:970211029)资助项目.

参 考 文 献

- 1 Halle T G. On the distribution of the Late Palaeozoic flora in Asia. *Geogr Ann*, 1935, 17: 106~ 111
- 2 Schenk A. Pflanzen aus der Steinkohlenformation. In: Richthofen, F von. China, 4. Berlin, 1883. 211~ 244
- 3 Halle T G. Palaeozoic plants from central Shansi. *Palaeont Sinica*, Ser A, 1927, 2(1): 1~ 316
- 4 Kawasaki S. The flora of the Heian System. *Bull Geol Surv Korea*, 1927, 6(1): 1~ 30
- 5 Kawasaki S. The flora of the Heian System. *Bull Geol Surv Korea*, 1931, 6(2): 16~ 99
- 6 Kawasaki S, Kon' no E. The flora of the Heian System. *Bull Geol Surv Korea*, 1932, 6(3): 31~ 44
- 7 Kawasaki S. The flora of the Heian System. *Bull Geol Surv Korea*, 1934, 6(4): 47~ 311
- 8 Stockmans F, Mathieu F F. La flore paleozoique du Bassin houiller de Kaiping(Chine). *Patrimoine du Mus•e royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, Bruxelles, 1939. 49~ 165
- 9 Stockmans F, Mathieu F F. La flore paleozoique du Bassin houiller de Kaiping(Chine). (Deuxi•me partie). *Association pour l'•tude de la pal•ontologie et de la Stratigraphie Houill•res. Publ*, 1957, 32: 1~ 89
- 10 中国科学院南京地质古生物研究所、植物研究所《中国古生代植物》编写小组. 中国古生代植物. 北京: 科学出版社, 1974. 1~ 227
- 11 斯行健. 内蒙古清水河及山西河曲晚古生代植物群. 见: 中国古生物志, 总号第 176 册, 新甲种第 11 号. 北京: 科学出版社, 1989. 1~ 268
- 12 李星学主编. 中国地质时期植物群. 广州: 广东科技出版社, 1995. 1~ 542
- 13 李星学. 华北月门沟群植物化石. 见: 中国古生物志, 总号第 148 册, 新甲种第 6 号. 北京: 科学出版社, 1963. 1~ 185
- 14 Li Xingxue, Yao Zhaoqi. A review of recent research on the Cathaysia flora in Asia. *Amer J Bot*, 1982, 69(3): 479~ 486
- 15 Chaloner W G, Meyen S V. Carboniferous and Permian floras of the northern continents. In: Hallam A, ed. *Atlas of Palaeobiogeography*. Amsterdam: Elsevier, 1973. 169~ 186
- 16 孙克勤. 华夏植物群的起源和形成机制. 见: 中国科协学会工作部编, 全国首届新学说新观点学术讨论会论文集(生命科学). 北京: 中国科学技术出版社, 1993. 289~ 294
- 17 米家榕, 孙克勤. 关于华夏植物群起源问题的探讨. *长春地质学院学报*, 1995, 25(1): 1~ 5
- 18 Sun Keqin. Origin of the Cathaysia flora in Asia. *Palaeobotanist*, 1996, 43(2): 59~ 62
- 19 李星学, 吴秀元, 沈光隆, 等. 北祁连山东段纳缪尔期地层和生物群. 济南: 山东科学技术出版社, 1993. 1~ 482
- 20 李星学. 华夏植物群的起源、演替与分布. *古生物学报*, 1997, 36(4): 411~ 422
- 21 Jongmans W J. Some problems on Carboniferous stratigraphy. *Compt Rend Congr Avan Etud Stratigr Carbon 3me*, 1952, 1: 295~ 306
- 22 孙克勤. 全球石炭纪~ 二叠纪植物群的演化和分布特征. *地学前缘*, 1997, 4(3): 129~ 138
- 23 Chandra S, Sun Keqin. Distribution, evolution and extinction of global Early Carboniferous flora. *Palaeobotanist*, 1996, 43(2): 88~ 97
- 24 Vijaya, Srivastava A K, Sun Keqin. Origin of the Gondwana flora. *Geophytology*, 1996, 25: 119~ 124
- 25 Li Xingxue, Wu Xiuyuan. Late Paleozoic phytogeographic provinces in China and its adjacent regions. *Rev Palaeobot Palynol*, 1996, 90: 41~ 62