

山东植物区系的演变和来源^{*}

张 伟 赵善伦

(山东师范大学人口·资源与环境学院, 济南 250014)

关键词: 山东植物区系; 演变; 来源

中图分类号: Q 914 5 文献标识码: A 文章编号: 1000-470X (2001) 01-0057-08

The Evolution and Sources of the Flora in Shandong Province

ZHANG Wei, ZHAO Shan-Lun

(Department of Population, Resource and Environment, Shandong Teachers' University, Jinan 250014, China)

Abstract: According to the comparative analysis of the material between paleobotany and modern flora, the evolution and sources of Shandong's flora are preliminarily studied. The nature of Shandong's modern flora is temperate with subtropical-tropical transitional character. The evolution process of the flora is as follows: pteridophyta was prosperous in Paleozoic; gymnosperm was dominated in Mesozoic; angiosperm appeared and developed rapidly and there lived the tropical-subtropical evergreen broad-leaved forests in Cretaceous; in Paleogene and Neogene of Cenozoic, there lived subtropical evergreen and deciduous broad-leaved mixed forests, and temperate-subtropical deciduous and evergreen broad-leaved mixed forests respectively. In Quaternary Period, the flora was dominated by deciduous forests, but along with the alternation of glacial and interglacial epoch during the Pceistocene, the frigid temperate conifer and the subtropical evergreen elements replaced each other, and since Holocene the distribution pattern of modern warm temperate deciduous broad-leaved forests and temperate coniferous forests has been formed; the flora mainly originated and evolved from the local flora in Paleogene Period, partly from Northeastern Asia, the Himalayas and Transversal Mountains of southwestern China, a little from Middle Asia and Chinese northwestern dry area.

Key words: Shandong's flora; Evolution; Origin

^{*} 收稿日期: 1999-12-29, 修回日期: 2000-06-08。
基金项目: 国家自然科学基金资助项目“华北植物区系地理”(9390010)。
作者简介: 张伟(1970-), 男, 山东泰安人, 讲师, 硕士, 从事环境与生态学研究, 学术专长为植物区系学、植物生态学。

1 现代植物区系

山东省位于我国东部,黄河下游,北濒渤海,东临黄海,地理范围介于北纬 $34^{\circ}23' \sim 38^{\circ}24'$,东经 $114^{\circ}48' \sim 122^{\circ}43'$ 之间。全省总面积为 15.72 万 km^2 ,占全国总面积的 1.6% 。属暖温带季风气候,沿海比较湿润,地带性植被主要是暖温带落叶阔叶林和松、栎类针阔叶混交林。山东省在中国植物区系的分区地位隶属于泛北极植物区、中国-日本森林植物亚区、华北植物地区^[1]。据最近研究统计,现有野生维管植物147科、614属,约1547种(包括变种,下同)。其中蕨类植物24科39属105种,裸子植物3科3属5种,双子叶植物99科425属1063种,单子叶植物21科147属374种。平均每科含 4.2 属 10.5 种,包含不同进化程度的类群,其中禾本科 Gramineae(146种)、菊科 Compositae(128种)、莎草科 Cyperaceae(85种)、豆科 Leguminosae(74种)、蔷薇科 Rosaceae(71种)和百合科 Liliaceae(55种)6科最发达,均含50种以上,多是进化及较进化的草本或含草本科。大多数科(85科)含5种以下,其中有16科是单种和单属科,主要是古老及原始类群,如麻黄科 Ephedraceae、透骨草科 Phrymataceae、铁线蕨科 Adiantaceae、山矾科 Symplocaceae 等。科的生活型多种多样,其中陆生草本科和落叶乔木科所占比例最高,它们包括了山东植物的大多数种类,是构成山东各种植被的优势成分。它们的地理成分是各种热带分布 58 科,占 65.2% (不包括世界分布科,下同),其中泛热带分布的 48 科,表明山东区系的热带渊源。其次是各种温带分布 29 科,占 32.6% ,其中北温带分布 24 科,包含了大多数温带木本科,是本地区森林的主要组成,如松科 Pinaceae、壳斗科 Fagaceae、杨柳科 Salicaceae、槭树科 Aceraceae、胡桃科 Juglandaceae 等。东亚分布 1 科(猕猴桃科 Actinidiaceae),地中海区、西亚至中亚分布 1 科(柽柳科 Tamaricaceae)。另外,世界广布的 58 科,含 446 属约 1258 种,如前面指出的含 50 种以上的诸大科,在山东区系中也占重要地位^[2]。

植物属往往具有共同祖先和演化趋势,古植物资料也常常到“属”级;植物种则是区系存在的实体。因此,它们对于探究区系的起源和演变更有意义^[3]。山东维管植物 614 属的大小平均每属约 2.5 种,含 15 种以上的仅 4 属,即蓼属 *Polygonum* (33 种)、苔草属 *Carex* (28 种)、蒿属 *Aster* (26 种)和堇菜属 *Viola* (22 种),而含 3 种以下的有 496 属。其中单种属和只有 2~5 种的少种属共有 76 属,它们代表植物属演化的两端,即演化终端只有少数残遗种的古老属和尚未充分分化的新属。全部属的地理成分有 15 个类型 15 个变型,以温带性质属占显著优势,包含各种温带分布 295 属和东亚分布 39 属,合占 64.6% (不包括世界广布属,下同)。热带性质属也占相当比例,共 163 属占 31.5% ,以泛热带成分最多,有 100 属。其余是古地中海成分 14 属占 2.7% ,中国特有 6 属占 1.2% ,低于全国特有属水平。因此,现代山东区系主要是温带性质,且具有向热带、亚热带的过渡性,特有性程度很低。生活型中陆生草本很发达的有 433 属,木本属中落叶灌木 53 属,落叶乔木 49 属,另有藤本 35 属。关于植物种的地理成分和生活型见表 1。

2 植物区系的演变

2.1 古生代植物群

地球上出现的原始植物是从晚志留纪开始的,到泥盆纪晚期才出现维管束发达的蕨类植物。石炭纪蕨类植物达到全盛时期,山东 90% 以上的煤田在这一时期形成。

表 1 山东维管植物种的分布型和生活型

Table 1 The distribution patterns and life-forms of species of the tracheophyta of Shandong												
分 布 型 A real-types	种数 No. of species		高位芽植物 Phaenero- phytes		地上芽植物 Chamae- phytes		地面芽植物 Habita- phytes		地下芽植物 Geocrypto- phytes		一年生植物 Taber- phytes	
	No. % *		No. % **		No. % **		No. % **		No. % **		No. % **	
1. 世界分布 Cosmopolitan	53		1	1.9	1	1.9	1	1.9	23	43.4	29	54.7
一、热带成分 Tropics	128	8.6	26	20.3	3	2.3	27	21.1	26	20.3	48	37.5
2. 泛热带分布 Pantropic	20		3				2		4		11	
3. 热带亚洲与热带美洲间断分布 Trop. Asia & Trop. Amer. disjuncted	2						1				1	
4. 旧世界热带分布 Old World Tropics	17		1				2		4		10	
5. 热带亚洲至热带大洋州分布 Trop. Asia to Trop. Australasia	21		3		3		5		2		8	
6. 热带亚洲至热带非洲分布 Trop. Asia to Trop. Africa	13		2				3		4		4	
7. 热带亚洲分布 Trop. Asia	55		17				12		12		14	
二、温带成分 Temperate	453	30.3	41	9.1	10	2.2	156	34.4	123	27.2	123	27.2
8. 北温带分布 North Temperate	131		3		2		33		44		49	
9. 东亚与北美间断分布 E. Asia & N. Amer. disjuncted	16						5		2		9	
10. 旧世界温带分布 Old World Temperate	119		9		4		38		25		43	
11. 温带亚洲分布 Temp. Asia	187		29		4		80		52		22	
三、古地中海成分 Old Mediterranean	12	0.8	2	1.6			3	25.0	3	25.0	4	33.3
12. 地中海区、西亚至中亚分布 Mediterranean, W. Asia to C. Asia	6						1		1		4	
13. 中亚分布 C. Asia	6		2				2		2			
四、东亚成分 E. Asia	580	38.9	181	31.2	8	1.4	149	25.7	187	32.2	55	9.5
14. 东亚(喜马拉雅-日本)分布 E. Asia (Himalayas to Japan)	69		14		1		16		27		11	
14.1. 中国-喜马拉雅分布 China to Himalayas	2		1						1			
14.2. 中国-日本分布 China to Japan	509		166		7		133		159		44	
五、15. 中国特有分布 Endemic to China	321	21.5	113	35.2	4	1.2	79	24.6	87	27.1	38	11.8
合 计 Total	1547	100.0	364	23.5	26	1.7	413	26.7	447	28.9	297	19.2

* 为山东总种数的%, 不包括世界分布种; ** 为同分布型种数的%。
* Percents accounting for the total species of Shandong and not including the cosmopolitan species;
** Percents accounting for the species with same areal-types

元古代以后, 山东东部始终保持隆起的陆地状态至今, 其余地方均为一片汪洋的海侵地区。到了古生代泥盆纪晚中期, 受加里东运动影响, 大部分地区变为陆地, 后又降为浅海泻湖区, 海水周期性进退频繁, 海相陆相交替发生。晚石炭纪中晚期至晚二叠纪晚期的山东植物群化石重要产地是淄博, 晚古生代山东煤核植物群产地主要有新汶、兖州、枣庄等,

主要种类有石松纲、楔叶纲、种子蕨纲的畸羊齿类、座延羊齿类等。

2.2 中生代植物群

中生代末期,地球表面仅有一块很大的大陆,到了中生代三叠纪时,这块大陆分成大致相等而连接的冈瓦纳古陆(位于南半球)和劳亚古陆(位于北半球),山东属于劳亚古陆上的华夏植物群分布区。

三叠纪中期经海西运动,山东泰山、蒙山等相继出海成陆。下侏罗纪开始出现裸子植物苏铁 *Cycas revoluta*,接着出现有种子蕨 *Pteridosperm* 和银杏 *Ginkgo biloba* 等组成的森林。此时是裸子植物和蕨类植物繁茂时期。白垩纪中期原始被子植物大量出现,白垩纪亚热带的原始常绿阔叶乔灌木的古老类型,在山东山地中出现。

中生代的山东植物群化石产地主要有中侏罗世的潍坊、早白垩世的莱阳和晚白垩世的诸城。

据古植物研究,白垩纪是植物区系发生变化的重要时期,即蕨类和裸子植物急速减少,被子植物取而代之,于晚白垩纪迅速发展,至第三纪占统治地位。如在山东诸城晚白垩世孢粉组合中^[4],被子植物花粉约有20个属种,以榆粉 *Ulmipollenites* 和栎粉 *Quercoidites* 为主。该孢粉组合反映的气候应属热带-亚热带而略干的气候,相应的植被类型应是常绿阔叶林。

2.3 新生代植物群

2.3.1 第三纪植物群

第三纪是被子植物大发展的时期。随着气温的下降,与白垩纪相比,老第三纪植物群的成分发生了很大的变化,表现在中生代时期曾经繁茂的蕨类植物大量减少、裸子植物中的松柏类相应增加,被子植物更加多样化并占绝对优势。

古新世是古老被子植物迅速灭绝和与现代有亲缘关系的植物大量出现的重要时期。据山东北部地区古新统孢粉组合^[5],被子植物、裸子植物、蕨类植物孢粉平均分别占孢粉总数的60.32%、25.85%和13.83%;其中被子类以柔荑花序植物、喜温型、与现代植物有关的桦木科 *Betulaceae*、榆科 *Ulmaceae*、杨柳科等花粉占优势,平均占总数的52.3%,古老被子植物花粉连续出现,但含量较少,植被以落叶阔叶林和针阔叶林混交林为主,掺杂少量常绿阔叶植物及小片灌木林,林下蕨类植物较发育。山东平邑盆地第三纪中、晚期古新世孢粉组合^[6]也得出类似的结论,即被子植物花粉较多,气候为亚热带型,其组合特征还说明该孢粉组合是处在华南植物区系与华北、东北植物区系的过渡带之间。

始新世至渐新世,被子植物占优势,据山东下第三系大汶口的孢粉组合^[7],一般含量为56.2%~81.9%,其中以栎粉属最多(15.2%~39.3%,最高达61.8%),另外栗粉属 *Cupuliferoipollenites* (9.8%)、桦木科(5%)、胡桃科(3.5%)、漆树粉属 *Rhoipites* (3%)、榆粉属(2.2%)、枫香粉属 *Liquidambaripollenites* (2%)、桃金娘粉属 *Myrtacidites*、忍冬粉属 *Lonicerapollis* 也经常见到,还有一定数量的喜暖湿的木兰粉属 *Magnoliapollis* 植物;裸子植物(12.1%~40.2%)和蕨类植物(0.7%~7.8%)明显偏少。因此,当时在湖泊和平原丘陵区,以栎粉属种类占优势的常绿、落叶阔叶混交林已相当广泛,反映气候较热,属亚热带型。

宋之琛等^[8]在研究山东老第三纪植物群分区时,将山东大部归入图尔盖植物区(代表

温带植物群)。北半球两大植物区——图尔盖植物区和波塔瓦植物区(代表亚热带-热带植物群)的东端界限穿过山东南部,可能位于山东泗水以南。

新第三纪,欧亚大陆连成一片,大陆和大洋对比关系的变化,使我国处于季风环流形势之下;青藏高原的隆起,使西风气流的北支加强了中亚气候的大陆性;冰期来临,气候逐渐变冷。山东也处于气候变冷的过程中;与此相应,植被也向落叶类型演化,出现大量柔荑花序类植物和温带成分,草本植物及水生植物也显著增多。因此,植物区系和植被景观与老第三纪有显著不同。

山东临朐山旺是我国最为著名的中新世中期植物群产地,植物群包括苔藓、蕨类各 1 种;裸子植物 2 种;被子植物 127 种,其中单子叶植物 3 种,双子叶植物中种类最多的有桦木科(5 15, 属 种,下同)、蔷薇科(10 10)、豆科(9 9)、榆科(4 8)、杨柳科(4 5)、壳斗科(3 5)、槭树科(1 8)、鼠李科 *Rhamnaceae* (4 4)、樟科 *Lauraceae* (3 4), 等等。前 8 科占植物总数的 $\frac{1}{4}$, 最多的是鹅耳枥属 *Carpinus* 和槭属 *Acer*, 其次有桦属 *Zelkova*、山核桃属 *Carya*、胡桃属 *Juglans*、金缕梅属 *Hamamelis*、弗特吉属 *Fothergilla* 等,它们当中绝大多数是落叶的^[9]。这些都反映了当时的气候属温带到亚热带的过渡,植物群的群落相应地为落叶阔叶林(夏绿林),大多数是温带成分,混生少数落叶或常绿的亚热带分子,如落羽松属 *Taxodium*、山核桃属、山毛榉属 *Fagus*、枫香属 *Liquidambar* 和木兰属 *Magnolia* 等。山旺植物群中的裸子植物及原始类型的被子植物已很少见,这表明现今植被的特征和主要区系成分在此时已基本形成。

宋之琛等^[10]将我国中新世植物区系划分为三个区和若干植物省,山东属于东部季风区阔叶植物区的中部暖温带及亚热带植物省;陶君容^[11]将我国新第三纪的植物区系划分为 5 个区,山东属于中部至东部暖温带至亚热带落叶和常绿阔叶混交林区。

2.3.2 第四纪植物群

第四纪是人类历史上最近和最短促的时期,大约开始于 200 万年以前,这时期第四纪大冰期造成的古气候的变化对于植物区系产生重大影响。总的说来,第三纪是裸子植物衰退、被子植物大量迅速发生发展和山东植物区系形成的时期,而第四纪则是山东植物区系重新组合、迁移和继续演化或分化的时期。

第四纪分为更新世和全新世,从冰期开始到结束的阶段称为更新世,此后称为全新世,只有一万多年的历史。更新世以来,青藏高原抬升,季风的影响日益加强,全球气温普遍下降,年平均温度比第三纪低 $3.3 \sim 4$, 暖温带的北界向南移动了 $3 \sim 5$ 度,并且在这一地史时期,多次出现冰期和间冰期,温度和湿度周期性下降和上升,连续急剧变化,变化的频率和强度愈渐加强。山东植物随之发生相应变化和迁移。第四纪植物群演化的最主要特征就是随着冰期、间冰期气候的更迭变化引起植物的迁移和一些喜暖植物在山东消失。

第四纪植物群为暖温性针叶、落叶阔叶林植被,其主要成分已与现代相近,而与第三纪特别是老第三纪植物群差异较大。

结合省内各地区和临近省区的资料^[12~17],可以把山东第四纪孢粉组合特点归纳如下:(1)北温带植物区系的种属在孢粉中占绝对优势。如木本的松属 *Pinus*、栎属 *Quercus*、榆属 *Ulmus*、桦木属 *Betula*、柳属 *Salix*、椴树属 *Tilia*、榛属 *Corylus*、槭属、豆科、蔷薇科、

鼠李科等; 草本植物的禾本科、菊科、藜科 *Chenopodiaceae*、十字花科 *Cruciferae*、莎草科、伞形科 *Umbelliferae*、毛茛科 *Ranunculaceae* 等; 热带、亚热带子遗的罗汉松属 *Podocarpus*、油杉属 *Keteleeria*、雪松属 *Cedrus*、山核桃属、蜡瓣花属 *Corylopsis*、枫香属、金缕梅属等。(2) 北亚热带的喜暖科属在孢粉谱中数量不多, 时有出现, 如漆属 *Toxicodendron*、化香属 *Platycarya*、黄杞属 *Engelhardtia*、樟属 *Cinnamomum*、楝属 *Melia*、冬青属 *Ilex*、杜鹃属 *Rhododendron* 和合欢属 *Albizia* 等; 常与栎 (*Quercus* spp.)、榆 (*Ulmus* spp.) 共存。(3) 草本植物花粉占有重要位置, 其数量有时多于乔木花粉, 常出现“禾本科”和“藜 (*Chenopodium* spp.)、蒿 (*Asteriasia* spp.)”花粉高量期。

由于第四纪冰期气候有 11~22 次冷暖和干湿的周期交替, 孢粉组合随之演变, 植被类型也不断变化。从童国榜等^[18]对中国第四纪孢粉植物群的分布研究, 可以看出山东第四纪孢粉植物群的演化轮廓: 森林草原—森林草原—灌丛草原—针叶、阔叶混交林—森林草原—灌丛草原—针叶、阔叶混交林。

应该指出, 全新世是人类活动影响逐步加强的时期, 给天然植被带来了重大的影响, 所以中、晚全新世以后已不再是纯自然环境的植被演替了。

童国榜等^[18]将中国第四纪孢粉植物群分为 3 个大区 8 个区, 山东属于北方大区中的华北区, 为暖温性针叶、落叶阔叶树种分布区, 这同以上分析得出的总结论是一致的。

3 植物区系的来源

3.1 新生代孢粉植物群和现代植物群的比较

根据已有的孢粉资料推测, 山东现代植物区系比过去时期丰富得多, 综合上述及有关资料, 可以看出现代和新生代植物群的联系和差异。

山东晚始新世—中渐新世的化石植物群(以山东昌乐、泗水、莱芜的孢粉组合为代表)的特征为森林型, 以针叶植物为主, 混杂了大量落叶阔叶种类的植物, 如樟科、胡桃科、壳斗科、木兰科 *Magnoliaceae* 等, 其中除了今日在山东已灭绝的落羽杉科 *Taxodaceae*、罗汉松科 *Podocarpaceae*、雪松属 *Cedrus*、银杏属、苏铁属、山核桃属、木兰科等外, 其它的在今日山东的植被中, 或多或少地有一定的代表存在。

老第三纪末期至新第三纪(以馆陶基准井的组合为代表), 山东为具温带色彩的亚热带植被, 当时的植物群大部分目前生长在亚热带地区。和现今生存的山东温带植物群相比, 除一些蕨类和银杏属、落羽杉属 *Taxodium*、罗汉松属 *Podocarpus* 及雪松属等已灭绝外, 其它各属的代表在现存的植物群中均有存在, 这显示着两个植物群之间的一定联系。

中中新世—早上新世(以临朐山旺、柳山乡长山子组合为代表)植物群以落叶阔叶林为其特征, 柔荑花序和温带植物大量出现, 并在植物群中占优势, 其中混生的亚热带分子种类和数量已少得可怜, 落羽杉科、罗汉松科、雪松属、苏铁属、银杏属几乎全灭绝; 草本植物出现并有一定的数量。山旺植物群属的分析表明, 大多数属在长江流域和华南有其最广的发育, 反映当时的气候与现今长江流域一带相似, 属温暖而湿润的暖温带-亚热带过渡型, 或相当于北亚热带型。山旺古植物群和今日山东植物群之间的关系是较为明显的, 山旺植物群中一些以属为单位的成分, 目前在山东亦均有分布, 甚至若干和孢粉相当的母体植物种在山东或许还有分布, 如桦木科、榆科等。

上新世以来的第三纪植物群(以微山湖湖底的组合为代表)有松属 *Pinus*、睡莲科

Nymphaeaceae、水鳖科 Hydrocharitaceae、禾本科、蓼科 Polygonaceae、菖蒲属 *Acorus*、莎草科、百合科、眼子菜属 *Potamogeton*、香蒲属 *Typha*、菊科、藜科等, 这些植物多是当地目前仍旧生长着的, 因此, 上新世之后的古植物群可能基本上类似于山东今日的植物群。

第四纪植物群为暖温性针叶、落叶阔叶林植被, 其主要成分已与现代相近, 而与第三纪特别是老第三纪植物群差异较大, 主要表现在: (1) 由于第三纪末期喜马拉雅山脉的大幅度上升, 大大阻碍了印度洋湿润气流的北上, 使草原在我国北方东部进一步扩展, 山东的干旱程度也有所加强, 草本植物以藜、蒿为主。(2) 由于气温普遍下降, 亚热带的北界已移至现在的位置, 年平均气温下降了 8℃ 左右, 引起东北植物成分的侵入和一些喜暖植物在山东消失。第三纪孑遗属种的数量不断地减少, 它们的分布区也不断地缩小。植物受到气候和土壤的变化, 常有种间和亚种间杂交产生不少新种植物。至中、晚期植物群的面貌基本上与现代的相似, 而且几乎都为现代种。

3.2 植物区系的来源

由以上山东植物区系的演变和现代与新生代孢粉植物群的比较, 可以认为山东植物区系主要来源于下列几方面:

(1) 起源于本地老第三纪植物群。这些植物中, 有的发生于晚白垩纪, 包括各古老的木本科属, 许多温带和亚热带成分, 而今它们多为山东暖温带植被的优势植物和亚热带残遗植物, 如臭椿 *Toona sinensis*、栎树 *Koelreuteria paniculata* 等。草本植物和水生植物主要发生于新第三纪, 耐寒和耐旱的种类主要发生于第四纪冰期。

(2) 来源于我国西南和南方亚热带-热带地区。许多研究证明横断山区是我国乃至东亚和温带植物区系的发源地和发生中心, 西南植物经过西北、秦岭、华中及华东不同途径扩展到华北, 以至山东。新第三纪及第四纪是地质上和气候动荡不稳的时期, 尤其是喜马拉雅、青藏高原的大幅度隆升和第四纪冰期、间冰期更替, 直接和间接影响植物的演化和迁移, 西南和南方植物得以乘机而入。如轮叶排草 *Lysimachia klattiana*、毛果扬子铁线莲 *Clematis ganpiniana* var. *tenuisepala*、马兜铃 *Aristolochia debilis*、三叶木通 *Akebia trifoliata*、葛枣猕猴桃 *Actinidia polygam*a、角蒿 *Incarvillea sinensis* 等, 它们主要分布于山东南部。

(3) 来源于中亚-地中海区和欧亚草原。新生代以来古地中海逐渐消失和亚洲内陆自西向东气候旱化, 加以中、晚更新世人类活动破坏生态环境, 致使旱化加强和扩大, 西部地中海区-中亚成分和欧亚草原成分侵入山东。并逐渐扩大它们的分布区。如猪毛菜属 *Salsola*、甘草 *Glycyrrhiza uralensis*、白刺 *Nitraria sibirica*、盐爪爪 *Kalidium foliatum*、针茅 *Stipa capillata* 和蒿属的一些种等。

(4) 来自东北亚、西伯利亚温-寒地区。白垩纪和老第三纪东北是温暖气候, 植物区系与山东相似, 然而至第四纪冰川时期, 亚洲植物依次南移, 甚至欧洲植物经过西伯利亚、东北和朝鲜迁入本区。如鹿蹄草 *Pyrola rotundifolia* 和铃兰 *Convallaria keiskei* 等。

参考文献:

- [1] 王荷生 华北植物区系地理 北京: 科学出版社, 1997. 121—136
- [2] 赵善伦, 吴志芬, 张伟 山东植物区系地理 济南: 山东省地图出版社, 1997. 30—83, 106—120
- [3] 王荷生 华北植物区系的演变和来源 地理学报, 1999, 54(3): 213—223

- [4] 王开发, 张玉兰, 蒋辉, 等. 山东诸城晚白垩世孢粉组合及地质意义. 地质科学, 1982(3): 336—338
- [5] 李经荣, 徐金鲤, 杨玉梅, 等. 山东北部地区古新世孢粉组合. 古生物学报, 1992, 31(4): 445—451.
- [6] 佟承旭, 陈才芬. 山东平邑盆地第三纪卞桥组孢粉化石组合及地层意义. 山东地质, 1991, 7(1): 29—33
- [7] 雷春碧. 山东下第三系大汶口组孢粉组合及其地层意义. 华东石油学院学报, 1984(1): 42—48
- [8] 宋之琛, 曹流, 李曼英. 山东第三纪孢粉组合. 见: 中国科学院地质古生物研究所编. 中国科学院地质古生物研究所集刊. 北京: 科学出版社, 1964
- [9] 中国新生代植物编写组. 中国植物化石(第3册)——中国新生代植物. 北京: 科学出版社, 1978
- [10] 宋之琛, 李浩敏, 郑亚惠, 等. 我国中新世植物区系. 见: 古生物学基础理论丛书编委会编. 中国古生物地理区系. 北京: 科学出版社, 1983
- [11] 陶君容. 中国第三纪植被和植物区系历史及分区. 植物分类学报, 1992, 30(1): 25—43
- [12] 王国栋. 鲁北平原第四纪孢粉组合及古气候. 海洋地质与第四纪地质, 1989, 9(2): 61—67.
- [13] 孟广兰, 王少青. 渤海Bc-1孔第四纪孢粉组合及古气候. 海洋与湖沼, 1987, 18(3): 253—263
- [14] 赵德三, 尹泽生, 张祖陆, 等. 山东沿海区域环境与灾害. 北京: 科学出版社, 1991.
- [15] 赵济, 李容权, 邱维理, 等. 胶东半岛沿海全新世环境演变. 北京: 海洋出版社, 1992
- [16] 谢永泉. 华夏古陆与华夏植物区系. 植物研究, 1993, 13(2): 202—209
- [17] 谢永泉. 华夏古陆与“华夏植物区系”在地球上不断长大——三论华夏古陆与“华夏植物区系”. 植物研究, 1994, 14(1): 88—93
- [18] 童国榜, 张俊牌, 范淑贤. 中国第四纪孢粉群的分布. 海洋地质与第四纪地质, 1992, 12(3): 45—55.