

19世纪早期古植物学研究发现,被子植物化石在白垩纪(1.45亿~6600万年前)地层中突然大量出现,这似乎与“生物演化是渐进”的观点相悖,达尔文对此感到困惑不解,称其为“讨厌之谜”。

4年前,中国科学院南京地质古生物研究所(以下简称南京古生物所)带领中美国际合作团队在内蒙古发现了新化石,进而证明被子植物并非“突然大量”出现,其祖先类群的起源可向前追溯1.26亿年。相关研究成果近日在线发表于《自然》。

A 被子植物起源之谜

被子植物被认为是植物界进化完善、种类丰富(约有30万种)、生态习性复杂的大类群。它们也是人类赖以生存的重要组成部分,与人类的衣食住行密切相关。比如,食物、棉麻衣服、建筑木材,绝大多数直接或间接地取自被子植物。

由于被子植物对人类和地球上的其他生命有着至关重要的影响,其起源和早期演化一直都是演化生物学中重要的科学问题。

“花朵是被子植物区别于其他植物大类群最重要的特征,也是被子植物成为陆地生态系统主导类群的重要优势特征。”论文第一作者、南京古生物所研究员史恭乐说,花的起源和演化是认识和理解被子植物起源,及与其他种子植物大类群谱系发育关系的关键。花朵演化之谜也被《科学》列为125个世界级科学难题之一。

史恭乐介绍,种子植物包括苏铁目、银杏目、松柏目、买麻藤目和被子植物五大现生类群,其中苏铁、银杏、松柏和买麻藤的胚珠在受精时花粉直接进入珠孔管,被称为裸子植物。

此前,分子谱系学研究重建的种子植物系统发育已证实,现生的裸子植物是一个单系类群,这一单系类群和被子植物构成姊妹群,但这两姊妹群在二叠纪(始于2.99亿年前,终于2.5亿年前)之前就已经分开。

“现生裸子植物在演化上和被子植物距离很远,具有和花朵迥然不同的繁殖器官,很难为我们认识和理解花的起源和演化提供参考。”史恭乐说,“因此我们需要在已绝灭的种子植物化石类群中,寻找被子植物的近亲和祖先类群,这些类群中隐藏着花的起源和早期演化的线索。”



新化石破解“进化难题”

■ 沈春蕾

B 寻找近亲和祖先

2017年夏季,在我国内蒙古东部的霍林河盆地,史恭乐与美国的科研团队发现了一个特异埋藏的早白垩世硅化植物群(距今约1.26亿年)。

他介绍道:“该硅化植物化石不仅完整保存了植物器官的三维形态,还保存了植物体组织和细胞的细节信息,是古植物学研究的理想材料。”

在白垩纪硅化植物化石中,科研团队发现了大量保存完好的盔籽植物的种子着生器官,盔籽植物是已经绝灭的中生代种子植物。随后,科研团队运用传统的醋酸纤维膜撕片技术和先进的显微断层扫描(CT)技术,重建了化石植物的三维外观形态和内部解剖结构。

比较形态学和古植物解剖学研究都显示,内蒙古盔籽植物包裹种子的弯曲壳斗非常类似于被子植物较为原始类群具有的倒生胚珠的外珠被。

已有的研究显示,裸子植物的种

子仅有一层珠被包裹和保护,而被子植物的种子则具有两层珠被。被子植物的外珠被、心皮(果皮)、雄蕊被认为是被子植物区别于裸子植物最重要的三个特征。

史恭乐指出,裸子植物种子的单层珠被认为与被子植物的内珠被相对应。而被子植物的外珠被是一个独特的结构,它的发育与胚珠不寻常地向内弯曲有关,并且控制外珠被和内珠被发育的基因不同。

由此发现,被子植物种子的外珠被和内珠被具有不同的起源。演化生物学家很早就意识到,中生代种子蕨的种子被一个弯曲的壳斗包裹,其可能与被子植物的起源有关。

“但绝大多数具有弯曲壳斗的中生代化石保存欠佳,并缺乏解剖细节保存,阻碍了我们对化石植物的弯曲壳斗与被子植物外珠被关系的认识。”史恭乐说。

C “弯曲壳斗”发现同源

除了内蒙古早白垩世的新化石材料,中美联合研究团队还运用显微断层扫描技术重新研究了产自英国约克郡侏罗纪的开通植物和产自南极三叠纪的Petriellaea化石。

比较形态学研究显示,具有弯曲壳斗的中生代绝灭种子植物包括盔籽植物、开通植物、Petriellaea等,它们包裹种子的弯曲壳斗本质上是同一类结构,并且这些弯曲壳斗和被子植物胚珠的外珠被也是同源的。

由此推出,这一类具有弯曲壳斗的中生代绝灭种子植物是被子植物的近亲或祖先类群。被子植物的倒生胚珠和外珠被是源自被子植物祖先类群早期演化特征的一个延续,倒生胚珠和外珠被的出现时间远早于心皮和被子植物雄蕊,这也是被子植物区别于裸子植物的两个关键特征。

“基于已发表的种子植物形态数据矩阵,和我们对种子植物种子着生器官同源问题的新认识,研究团队重新构建了一个包括31个分类群和83个性状的形态数据矩阵。”史恭乐介绍,团队以基于基因组最新数据的种子植物大类群谱系发育作为分子骨架约束,分别采用了最大简约法、最大似然法和贝叶斯法进行谱系发育分析。

上述三种分析方法的结果都显示,包括盔籽植物、开通植物、Petriellaea等在内的具有弯曲壳斗的中生代绝灭种子植物是被子植物的近亲,很可能被子植物的祖先类群就隐藏在这些类群里。

“我们将包括被子植物及其近亲化石类群的这一大类植物称为被子类植物(Angiophyte),具有弯曲壳斗的中生代绝灭种子植物是被子类植物的基干类群,而现生被子植物是活着的被子类植物。”史恭乐认为,被子类植物基干类群及其关键特征的识别在一定程度上回答了被子植物和花朵的起源问题。

据悉,具有弯曲壳斗的被子类植物基干类群在中生代具有丰富的多样性和广泛的分布。其中,盔籽植物最早的化石记录可追溯至晚二叠世,表明被子植物的祖先类群早在距今2.5亿~2.6亿年就已经分化。研究团队还发现,舌羊齿植物也有可能是二叠纪的被子类植物。

史恭乐说:“被子类植物基干类群的种子着生器官的形态及其同源性,对我们认识被子植物冠群的关键特征心皮的起源和演化具有非常重要的意义。”

寒武纪生物多样性暴发有新解

■ 张佳欣

人们普遍认为,加拿大伯吉斯页岩遗址化石揭示了寒武纪生命突然暴发,然而最近的发现或推翻这一认知。在英国朴茨茅斯大学的两名科学家的带领下,研究团队首次模拟了伯吉斯页岩保存完好的化石是如何被泥石流流移动的。他们认为,泥石流可来自不同区域的化石聚集在一起。相关研究发表在近日的《自然》旗下期刊《通讯-地球与环境》上。

加拿大伯吉斯页岩遗址是世界上最重要的化石遗址之一,收集了超过65万件伯吉斯动物群的化石标本。到目前为止,这里完好保存了120余种海

洋生物的化石。这些化石的年代大约为5.05亿年前,相当于寒武纪中期。

科学家认为,寒武纪生命大暴发预示着生物多样性正式出现。伯吉斯页岩的化石记录了有史以来最大、最强烈的生物暴发。伯吉斯页岩中的成千种化石保存完好,此前人们认为这些生物生活在一起,其化石未经过远距离运输。

此次,研究人员通过实地考察来确定泥石流的行迹,并通过水槽实验模拟泥石流,确信某些生物的身体可以毫发无损地移动到几十公里之外。

“研究表明,化石沉积物的一般性

流动不会对化石造成进一步损害。在沉积物层发现的化石,实际上其代表的动物群落生活的地方可能相距很远。”研究人员之一、朴茨茅斯大学的明特博士说,“这一发现可能会让科学家更谨慎地解释5亿年前早期海洋生态系统。”

研究人员表示,目前并不知道这些流动是在什么时期发生的,但每一次流动都产生了一个今天所见的、叠加在一起的“活动床”,这让我们产生一种这是来自单一群落的化石的错觉,事实上可能是多个动物群落被泥石流从多个地方带走,然后堆积在一

起,形成一个看起来更复杂的动物群落。

另一名研究人员、朴茨茅斯大学巴斯·恩赖特博士说,我们可能高估了早期海洋动物群落的复杂性,从而高估了导致今天生物多样性和复杂性的进化模式和驱动因素。古生物学家需要了解保存化石的沉积物的性质及其意味着什么。

他们还希望做进一步的研究,以调查其他化石遗址的物种差异是如何产生的——是随着时间推移而进化发生的,还是受到化石移动、运输和保存的影响所导致的。