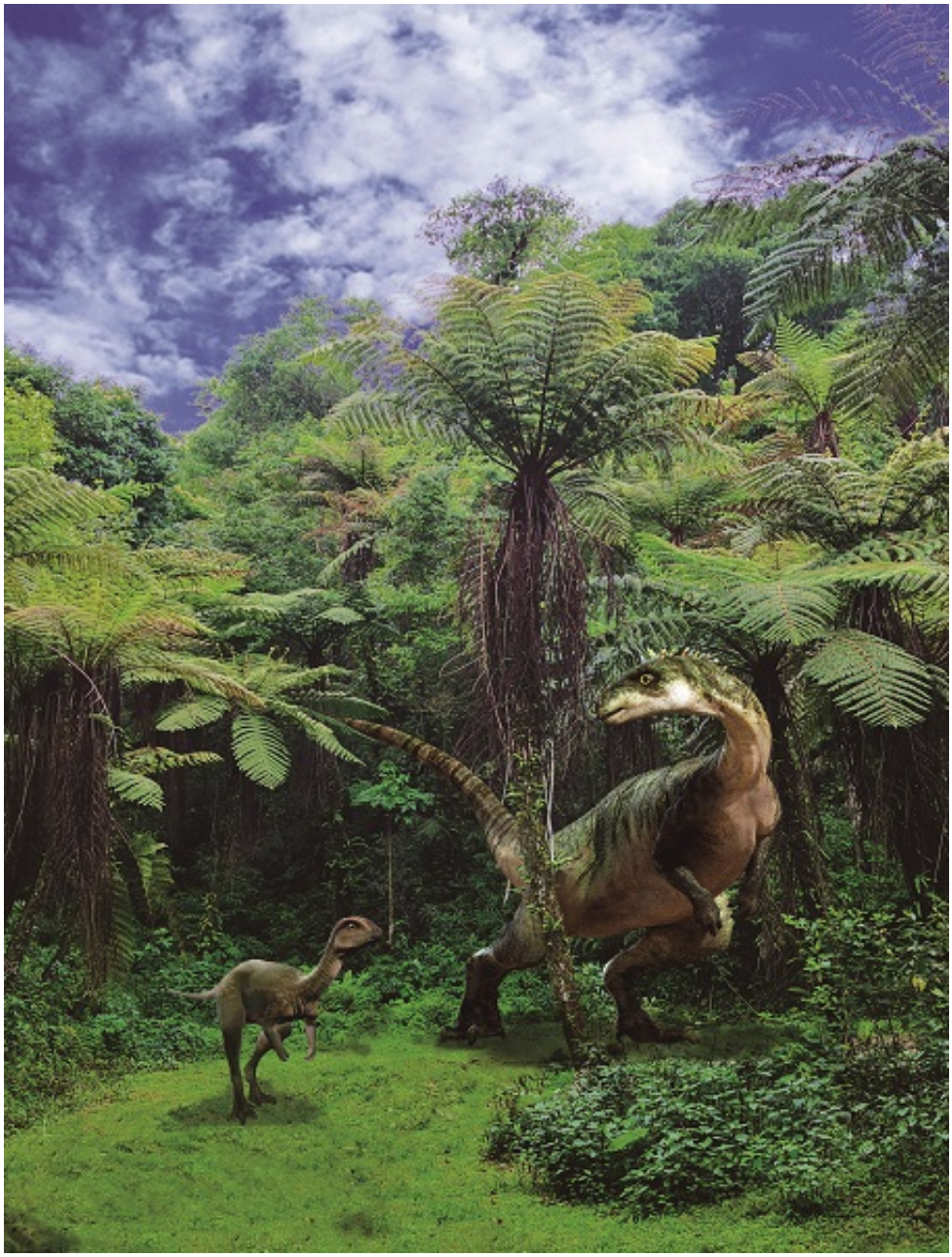
3亿年兴衰：桫椤生而为“树”的奥秘

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/18946.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

3亿年兴衰：桫椤生而为“树”的奥秘。



与恐龙同时代的活化石树蕨植物。 中国林科院供图

3亿年前的一天，两只恐龙漫步在丛林中。它们悠闲地取食着高大的树蕨的叶片，心满意足。沧海桑田，恐龙已然灭绝，而树蕨坚强存活至今，被称为植物界的活化石。

近日，《自然—植物》以封面文章的形式发表了桫椤（一种树蕨）的高质量基因组，填补了树蕨植物基因组的空缺，为植物进化提供了重要依据，在树蕨树干发育分子基础研究方面取得了重要进展。

该项研究由中国林业科学研究院（以下简称林科院）林木遗传育种国家重点实验室研究员李全梓团队联合中国农科院基因组所、中国医学科学院药物研究所、美国康奈尔大学等16个机构32位科学家联合完成。

穿越3亿年的树蕨如今趋于濒危

蕨类植物有11500多种，是仅次于被子植物的第二大维管植物类群。

论文共同通讯作者李全梓在接受《中国科学报》采访时说，桫椤目（Cyatheales）是蕨类中一个非常特殊的类群，其中几个科的植物具有树状的茎，被称为树蕨，别名蛇木，是能长成大树的仅存的木本蕨类植物，有着蕨类植物之王的美誉。树蕨在中生代侏罗纪恐龙生活的时期达到繁盛，是恐龙同时代的古老的活化石植物，但经历了数亿年的变迁，遭遇了两次群体缩减，如今已成为濒危灭绝的国家二级保护植物。

目前树蕨的种类和数量不算多，有600多个种。 李全梓说，由于其特殊的生活习性，树蕨主要分布在热带和亚热带，包括中国、澳大利亚、新西兰，以及东南亚国家等。

科学研究发现，地球上的植物经历了一个从水生到陆生，从单细胞到多细胞，从简单到复杂的漫长的进化过程。4.7亿年前，藻类登陆后，逐渐形成苔藓植物、石松类植物、蕨类植物、裸子植物和被子植物，构成了地球上丰富多样的植物类群。

论文共同第一作者、中国林科院林业研究所在读博士黄雄说：桫椤是地球上唯一存活至今的树蕨。3亿年前的石炭纪和二叠纪时期，地球上曾经有很多木本蕨类，比如芦木、封印木，但它们都已灭绝。

侏罗纪时代最繁盛的动物恐龙也灭绝了，而与恐龙同时代繁盛的树蕨植物桫椤却在恶劣环境中存活至今，令人感到不解。对这一濒危物种的研究，有助于提高对地球地质事件、生物进化和生态演变的认识，对地球植物类群多样性的认知和保护自然生态环境极具意义，还将提高地球自然气候变化和生物多样性的研究水平。李全梓说。

然而，由于蕨类植物通过孢子繁殖，对水的依赖性较强，所以，存活至今的很多蕨类植物比种子植物面临更大的灭绝风险。并且，树蕨生长繁殖对环境的要求很高，它喜温暖潮湿，厌干旱寒冷，孢子繁殖效率低。

李全梓认为，通过对蕨类植物基因组的破译和发育过程的研究，以及对树蕨等蕨类植物的生长习

性（包括孢子繁殖过程）和对外界不良环境响应机制的深入研究，将有效促进桫椤的繁殖与保护。

此前，蕨类植物基因组破译很少，仅有满江红、槐叶萍等几个水蕨植物的基因组被组装报道。这主要因为蕨类植物的基因组普遍非常之大，重复序列多、杂合度高，平均大小为几十个Gb。目前已知基因组最大的蕨类植物为松叶蕨，其大小为142 Gb。这为基因组测序和组装都带来了巨大的挑战，不仅测序费用昂贵，而且组装难度非常大。论文共同第一作者、中国农科院基因组所在读硕士生王文玲说。

很多种子植物的基因组被破译，大大促进了人们对种子植物重要性状的形成机制的研究。而人们对低等植物的认识较少，对植物如何从低等植物到高等植物进化的了解还远远不够。李全梓说。

揭开树蕨茎干的奥秘

在进化史中，自石松和蕨类植物开始分化的维管系统，大大提高了水分、无机盐和营养物质的运输机能和效率，促进了植物茎干的形成，对茎干直立起到了支撑作用，推动了陆地植物生态系统的发展壮大。

植物的维管组织主要是由次生壁加厚的细胞构成，包括被子植物中运输水分的导管和支撑树干的纤维，以及裸子植物中的管胞（兼具运输水分和支撑树干的功能）。

树蕨具有树状的茎干，对它的研究将有助于理解蕨类植物如何进化形成树的性状。李全梓说。

该研究基于PacBio和Illumina测序，组装了桫椤科桫椤6.2 Gb大小的基因组，并利用Hi-C数据挂载到69条染色体上。这是目前蕨类植物中第一个染色体水平的基因组。

在高质量基因组的基础上，他们共注释了67831个高信度的蛋白编码基因，并分析了在木质部特异表达的基因，从分子水平揭示了树蕨中木质素含量高的原因。

黄雄介绍，他们首先对桫椤茎干中组成维管束的木质部、韧皮部和厚壁细胞带分别进行了显微观察、木质素含量的测定和结构解析。

结果发现，桫椤木质部中绝大部分细胞为管胞，排列紧密，类似骨骼结构，支撑能力大大增强。此外，管胞的细胞壁呈现梯纹加厚，结构像梯子一样；管胞细胞壁中加厚的次生壁部分沉积大量木质素，增加了细胞壁的机械强度。

这些具有次生壁加厚的管胞对树干具有支撑功能，使得桫椤树干挺拔，这也可看做是从蕨类植物进化演变到树蕨植物的显著标志。李全梓说。

同时，木质素还在细胞壁形成疏水界面，能够促进水分在茎干中沿着管胞通道往上运输。

而桫椤木质部中木质素含量较高，说明树蕨管胞的运输和支持功能主要是由木质素含量决定的。

其次，他们分析了在木质部特异表达的基因。

此前研究发现，植物特有的NAC转录因子是调控细胞次生壁加厚的关键因子，其中VND家族成

员调控被子植物导管和裸子植物管胞的发育。

黄雄介绍，他们鉴定到2个VND基因在木质部中显著上调表达，表明其可能是管胞次生壁加厚的重要调控因子。相对于2种水蕨，桫椤中木质素生物合成途径相关的家族成员明显扩张，在木质部和孢子囊堆中表达的家族成员较多。这从分子水平上揭示了树蕨中木质素含量高的原因。

探究桫椤药理作用的分子机理

论文共同通讯作者、中国医学科学院教授朱平介绍，树蕨的茎干又称为龙骨风，有较好的药用价值，可用于治疗风湿和外伤，对人体有清热解毒止咳、消炎镇痛、增强免疫力等功效。研究树蕨的生长发育及次生代谢物质的合成，对于其进化规律的认识、药理应用及保护都具有重要意义。朱平说。

然而，树蕨生长速度缓慢，100年才长高几米。多种原因导致桫椤在自然界中存活数量有限。在这样的情况下，虽然桫椤具有良好的中医药理作用，但由于生长速度缓慢，而无法将其作为药材进行充分有效地利用，并一直未列入中医药典。朱平说。

通过对桫椤这一树蕨植物生长习性和繁殖过程的研究和认识，未来以人工途径来辅助和促进繁殖将成为可能，还可以实现繁殖增速。不仅可避免物种灭绝，实现植物多样性保护和地球生态环境保护，还能够将其作为中药药材进行广泛研究和使用，在生物医药领域为人类造福。李全梓说。

桫椤中的次生代谢物质非常丰富，我们对纯化得到的11个物质进行了结构解析，其中一个新物质具有较好的抗氧化活性。论文共同第一作者、中国医学科学院药物研究所副研究员巩婷说，该物质由牛奶树碱和白皮杉醇聚合而成。转录组分析和体外酶活性测定鉴定了牛奶树碱和白皮杉醇合成及聚合的候选基因。最终构建了在桫椤木质部中以苯丙氨酸为起始的合成木质素、黄酮和聚酮类化合物的代谢途径。

还有大量的次生代谢物质等待鉴定，这些物质具有的药理活性也亟待研究，发现并解析次生代谢物质合成途径更具有良好的应用前景。朱平说。

桫椤是唯一已经发现的木本蕨类植物，在植物进化史上，更是现存植物中最早具有树的性状的古生代植物，桫椤等树蕨类植物在地球整个生物进化过程中占有重要位置，对桫椤的研究将有助于深入了解地球生命几十亿年史诗般的演化历程，运用生物学思维来提高对生命的认知和理解，也将填补地球生命和植物进化过程研究的空白。李全梓说。（来源：中国科学报李晨）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41477-022-01146-6

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：李全梓等 来源：《自然—植物》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发