

# 研究人员揭示五加科植物三萜皂苷多样性的形成机制

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18112.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！

研究人员揭示五加科植物三萜皂苷多样性的形成机制。

2022年4月25日，东北林业大学李玉花教授团队联合沈海龙教授团队在Nature Communications上发表了题为Deletion and tandem duplications of biosynthetic genes drive the diversity of triterpenoids in *Aralia elata*的研究论文。该研究首次报道由于达玛烯二醇合酶基因的缺失及三萜骨架位点特异性修饰酶的串联重复，导致五加科植物龙牙楸木中积累丰富多样的五环三萜皂苷的分子与进化机制。

龙牙楸木（*Aralia elata*）为五加科楸木属多年生灌木，是主产于我国东北东部林区重要的食药同源植物，亦被誉为山野菜之王，具有抗癌、抗炎、抗氧化及治疗心脑血管疾病的功效，三萜皂苷是其主要活性成分。虽然楸木属与百草之王人参属的亲缘关系较近（同属Aralia-Panax亚类群），但这二者间三萜皂苷的结构类型与丰度均存在显著差异。人参可合成大量的达玛烷型四环三萜皂苷，仅积累5种齐墩果烷型五环三萜皂苷，而龙牙楸木中不合成达玛烷型四环三萜皂苷，却积累100余种齐墩果烷型五环三萜皂苷。五加科植物三萜皂苷结构差异显著，药理活性也大不相同，其三萜皂苷生物合成和结构多样性机制备受国内外广泛关注。

本研究以龙牙楸木为研究材料，采用PacBio三代测序技术及Hi-C技术构建高质量的龙牙楸木基因组图谱。研究发现，楸木属植物在大约12.3百万年前与人参属祖先发生了物种分化；同义替换率（KS）和基因组共线性分析揭示了人参、三七、楸木与刺五加等五加科植物共享的全基因组复制（WGD）事件，在楸木中没有发现物种特异的WGD事件。比较人参、三七等基因组发现楸木中催化2,3环氧角鲨烯合成达玛烯二醇的达玛烯二醇合酶（DDS）基因的外显子区发生了大量的缺失，只保留了由5个外显子编码的氨基酸残基，推测DDS基因的缺失可能导致楸木不能合成达玛烷型四环三萜皂苷。通过转基因功能互补实验，将人参的PgDDS基因在楸木愈伤组织细胞中过量表达，恢复了转基因楸木细胞合成达玛烷型四环三萜皂苷的能力。以上结果首次揭示了龙牙楸木基因组中负责催化玛烷型皂苷的关键酶基因DDS（达玛烯二醇合酶）存在外显子缺失，导致龙牙楸木无法合成达玛烷型皂苷的机制（图1）。

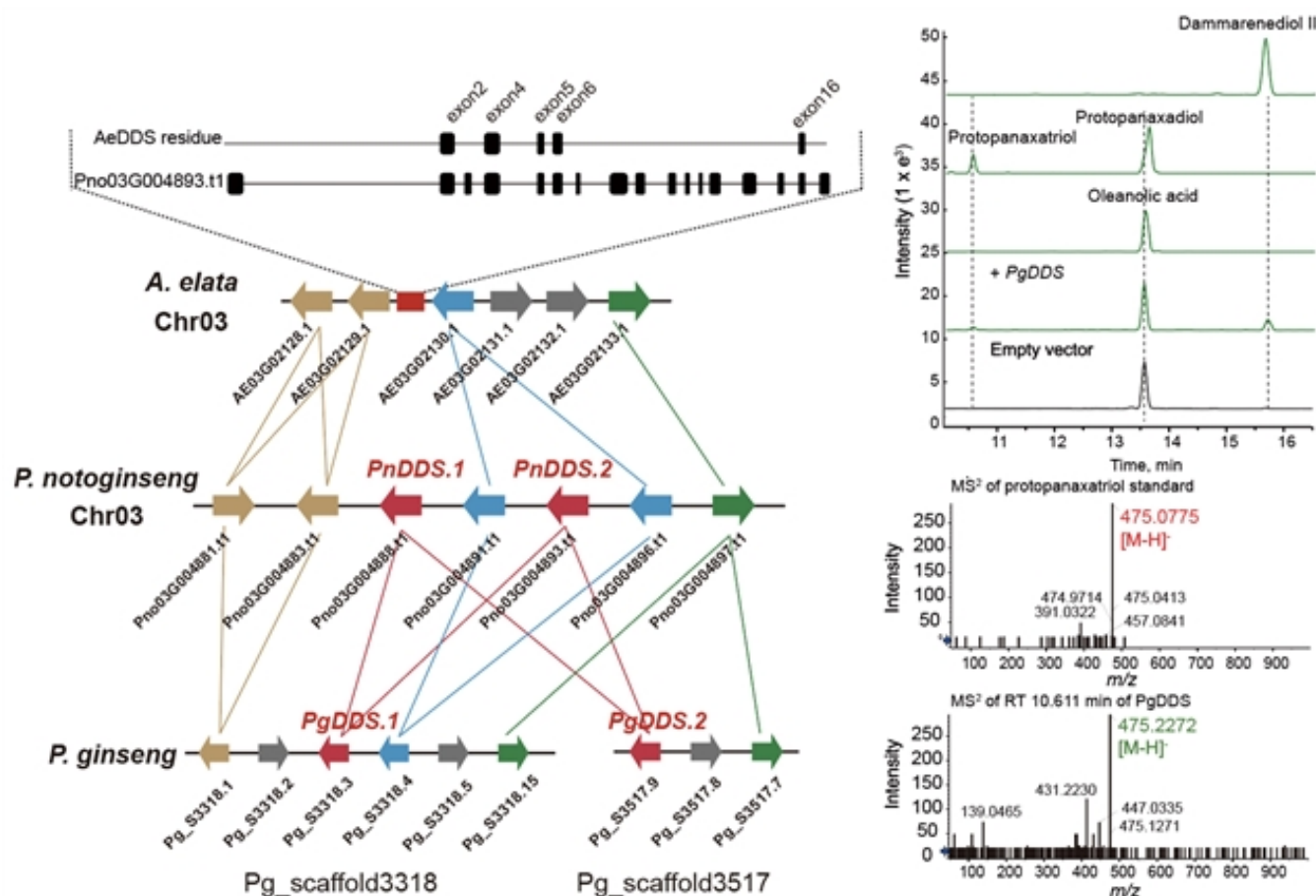


图1 龙牙楸木达玛烯二醇合酶基因缺失影响四环三萜皂苷合成

研究还发现，楸木属在与人参属植物分化后，其基因组中参与三萜皂苷生物合成的关键修饰酶基因P450、CSLM（编码纤维素合酶M亚家族）、UGT等发生了大量的串联重复（图2）。利用大肠杆菌及酵母表达系统及体内、体外催化功能验证，鉴定了其中的4个串联重复区中8个关键酶基因的功能，系统解析了五环三萜型楸木皂苷的生物合成途径（图3）。最后，通过合成生物学手段，利用酿酒酵母做为底盘细胞，利用多种不同类型的酶组合表达从头合成了多达13种不同结构的楸木皂苷。

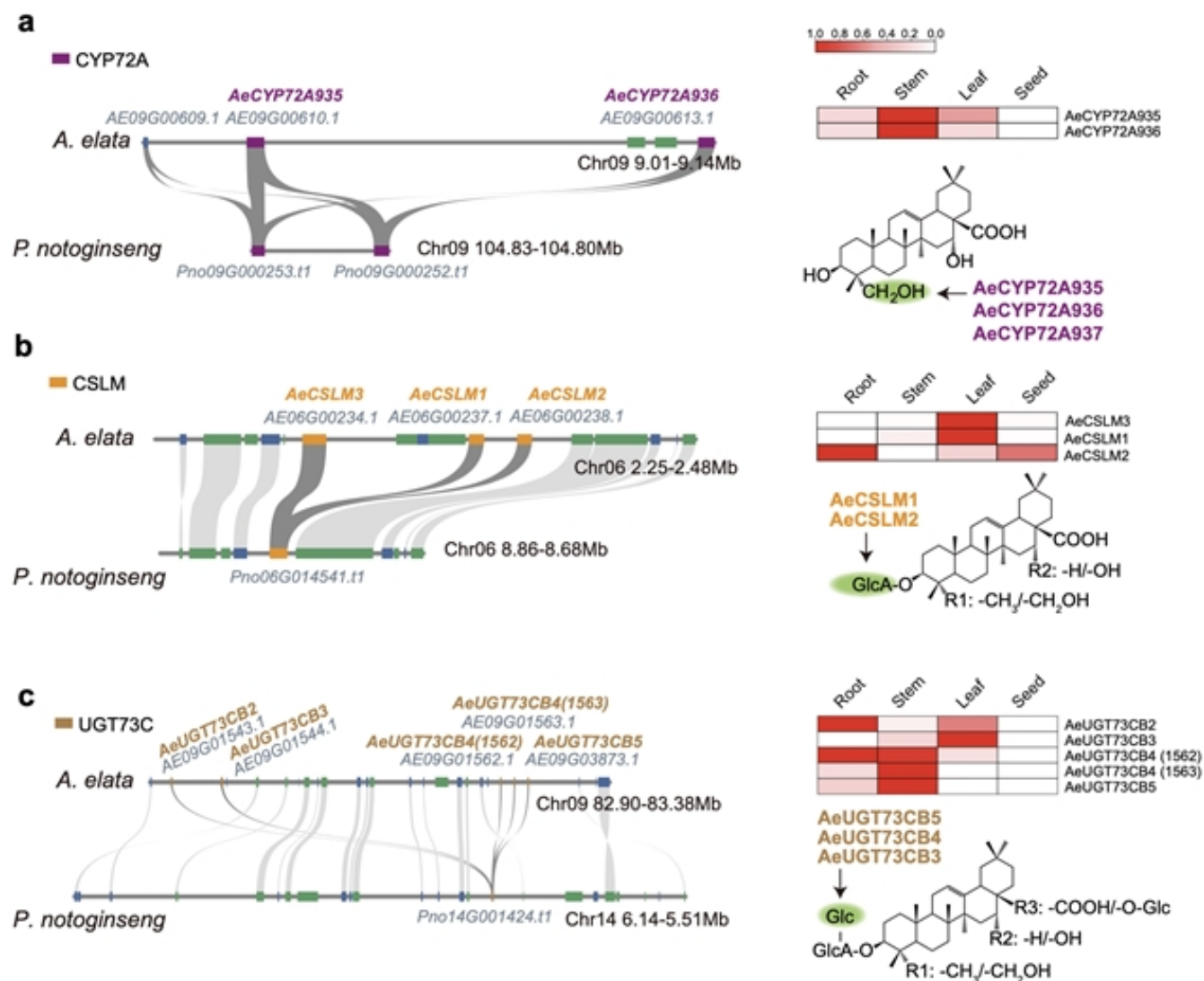


图2 三萜骨架修饰酶串联重复驱动五环三萜皂苷多样性形成

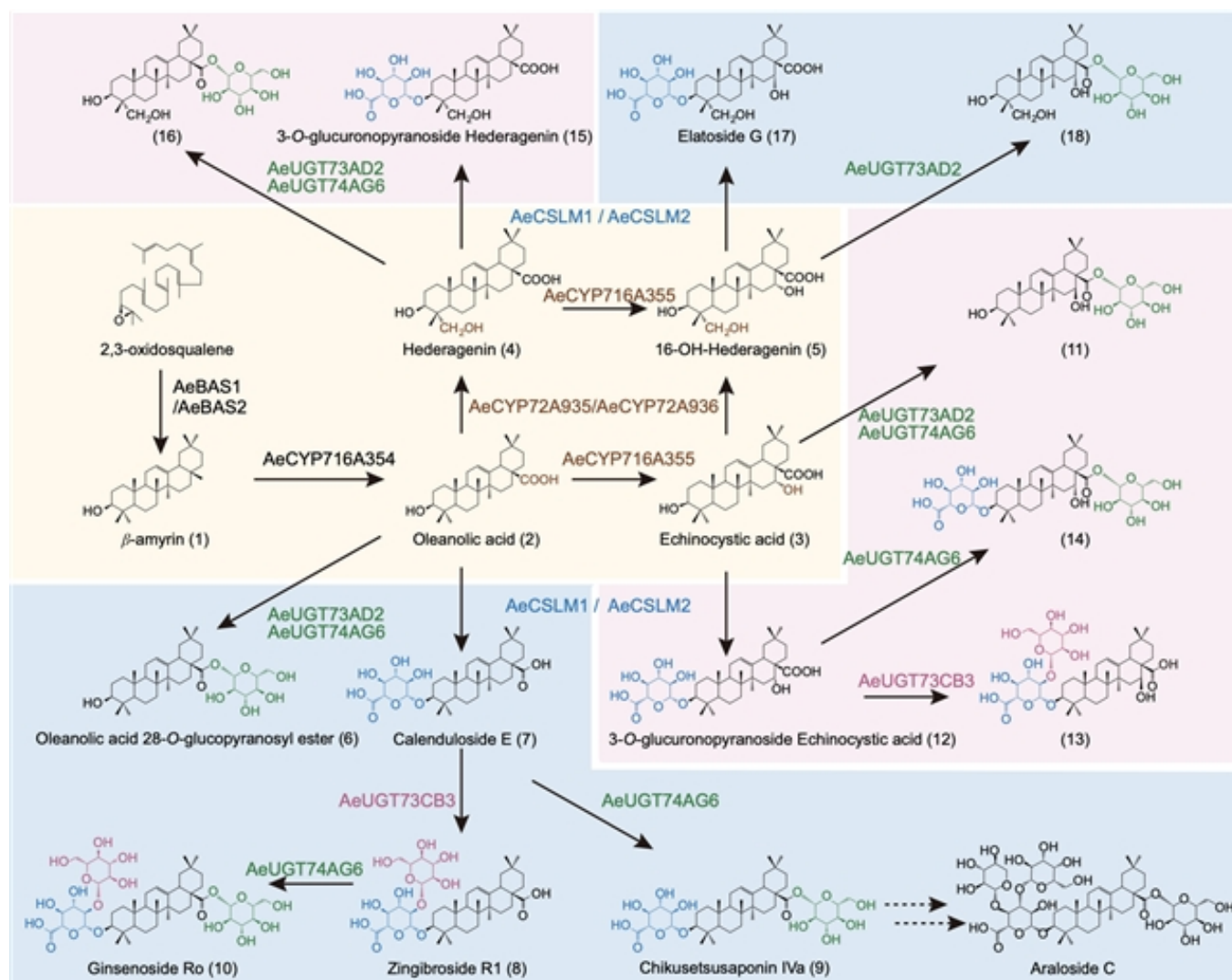


图 3 龙牙楸木皂苷的结构多样性及生物合成途径

综上，这项研究公布了高质量的楸木基因组，鉴定了参与三萜皂苷结构差异的关键基因，建立了五环三萜皂苷的代谢通路，并从头合成了多种楸木皂苷。以上结果，揭示了五加科植物三萜皂苷类化合物结构多样性形成的进化机制，也为理解串联重复基因在植物次生代谢进化中的作用提供了重要的启示，还为五加科药用植物的比较基因组学、进化生物学等研究提供了高质量的基因组支撑（图4）。此外，对楸木关键药用成分的绿色生物制造也具有重要的指导意义。



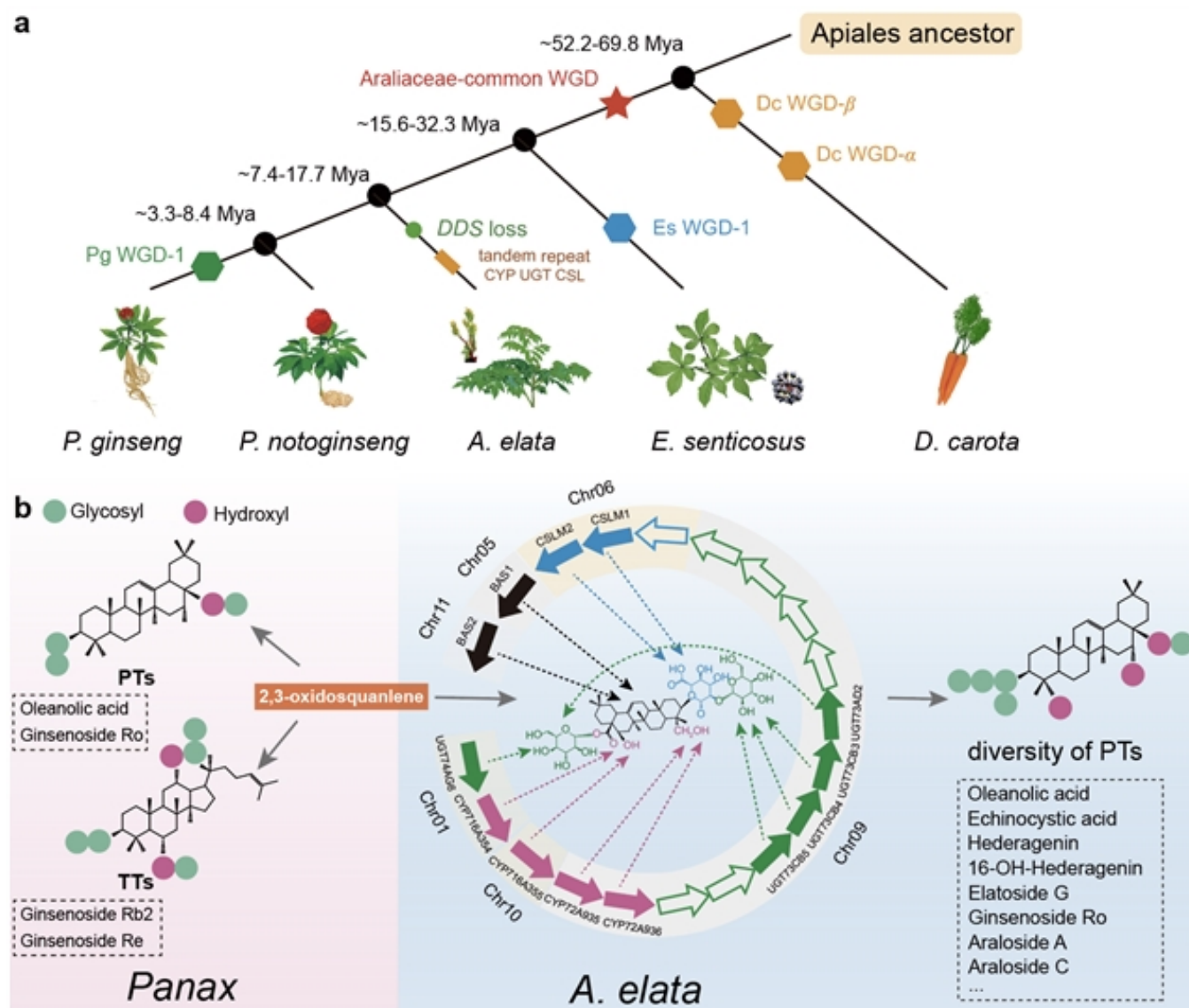


图4 五加科植物系统进化与三萜皂苷类化合物多样性形成机制

东北林业大学生命科学学院李玉花教授、林学院沈海龙教授和张鹏教授、福建农林大学刘仲健教授为论文的共同通讯作者。东北林业大学生命科学学院王宇副教授和博士研究生张贺、朝鲜籍留学生Hyok Chol Ri (李赫哲)、博士研究生安泽宇为论文的共同第一作者。东北林业大学生命科学学院薛哲勇教授和徐志超教授、台湾成功大学蔡文杰教授参与了本研究。本研究得到国家自然科学基金区域联合发展重点基金项目 (U21A20243)、林木遗传育种国家重点实验室创新项目的资助。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-022-29908-y>

作者：李玉花等 来源：《自然—通讯》

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](https://www.iikx.com)转发