

项目情况简介（省自然科学奖）

1、项目名称

木本经济胡桃属植物适应性状演化和遗传基础解析

2、主要完成人

赵鹏、周惠娟、张硕新、马佳雨、刘恒兆、郝凡

3、提名单位

陕西省教育厅

4、提名意见

胡桃属为世界重要经济木本油料与材用植物，油脂营养高，木优可制家具；富含黄酮、酚、木质素、油脂，具药用与生态保护价值，种质丰富。本研究聚焦多年生波斯核桃及近缘种，以学科交叉体系系统解析其物种形成、生物地理及驯化史。依托国家自然科学基金 4 项及省部级课题 10 余项，完成三大创新：

（1）种质资源与基因组：构建我国胡桃属叶绿体全基因组、麻核桃杂交起源及濒危机制，提出我国也是核桃起源中心之一，厘定新疆、西南、秦巴、华东四大生态型；绘制了全球核桃群体 1354 种质资源基因组变异图谱，发现 *bHLH*、*MYB6*、*JrPXC1* 等驯化基因及油脂、抗性关键家族 *NBS-LRR*、*JmPR10*。（2）进化与适应性：揭示了胡桃科植物多样性与系统演化，东亚异质气候驱动的群体分化与避难所历史；阐明了核桃-泡核桃渐渗、黑胡桃亚基因组表达优势及盐胁迫、耐寒 ICE-CBF 模块。（3）组学育种平台：发布胡桃楸、黑胡桃及核桃品种“香玲”染色体级参考基因组，开发分子标记，发现了核桃重要性状壳厚相关的驯化基因 *JrPXC1*、*NAC073*、*CCoAOMT1*、*MYB83* 及遗传网络调控图谱；多组学数据与功能基因集，为分子辅助育种奠定资源与理论。成果发表于 *Horticulture Research*、*Plant Physiology* 等期刊论文 80 余篇，整体处于国际前沿，显著推动胡桃属遗传改良与分子育种。

5、项目简介

陕西省主要经济树种——胡桃属植物（*Juglans*），作为重要经济木本油料，油脂含量高，具有很高营养与食用价值，木材质量高，可作为材用树种，做家具等；富含黄酮类、酚类、木质素和油脂类物质，药用价值高；种质资源丰富，具有生态保护价值。使用学科交叉方法聚焦多年生木本经济树种核桃，系统地研究该类群植物物种形成、生物地理学及驯化历史等科学问题新的突破，开发分子标记，构建多组学数据，绘制全球核桃种质资源基因变异图谱，解析重要抗逆和农艺性状演化机制，能够助力核桃产业进行优良品种选育及分子育种，对于推进生态文明建设和农业强国建设的国家重大战略的实施具有重要的理论意义和应用价值。

在国家自然科学基金项目（4 项）和陕西省杰出青年基金、陕西省重点研发项目、陕西省秦岭科学考察项目等 10 余项研究项目的支持下，围绕木本经济胡桃属植物，特别是核桃（*Juglans regia*）的适应性状演化及其遗传基础开展了系统研究，取得了一系列创新性成果。阐明了胡桃属植物的多样性与系统演化，为

推动核桃乃至木本经济作物的品种改良和重要抗逆和农艺性状解析奠定了重要的理论基础。

6、客观评价

- ① 研究的重要性与前瞻性：该研究聚焦于木本油料核桃，与国家战略需求相契合。研究内容涉及物种演化机制、基因组学和分子育种，这些领域是当前生物学研究的热点，对于推动相关科学发展具有重要作用。
- ② 研究成果的创新性：团队在胡桃属植物的分子生态遗传演化和基因组学研究方面取得了显著进展。通过研究发现与核桃壳厚、分心木厚度相关的驯化基因，对于核桃种质资源的选育具有重要的指导意义。揭示胡桃属植物油脂代谢和抗病关键性状候选基因，为木本油料植物的分子育种提供了科学依据。阐明胡桃属表观遗传学和抗逆适应性状演化，为理解多年生木本植物的环境适应性提供了新的分子机制。
- ③ 学术贡献与影响力：在高水平期刊发表 SCI 论文 80 余篇，主持 4 项国家自然科学基金项目，成果在多个国际知名期刊发表，如 *Plant Journal*、*Plant Physiology*、*Horticulture Research*、*Molecular Ecology Resources* 等。
- ④ 社会影响力：成果第一完成人获得陕西省杰出青年科学基金的资助，担任“秦岭生态环保青年学者”、陕西省植物学会副秘书长，同时，作为多个学术组织的成员和期刊编委，第一完成人对学术界的贡献得到了广泛认可。
- ⑤ 科研成果转化潜力：研究成果不仅在学术上具有创新性，且在实际应用中具有转化潜力，如核桃种质资源的评价、良种选育和分子育种等。

7、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷 页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引次数	他引总次数	知识产权是否归国内所有
----	--------	----	----	---	------	------	------	------	----------	-------	-------------

1	Pan-genome and transcriptome analyses provide insights into genomic variation and differential gene expression profiles related to disease resistance and fatty acid biosynthesis in eastern black walnut (<i>Juglans nigra</i>)	Horticulture Research	Huijuan Zhou, Feng Yan, Fan Hao, Hang Ye, Ming Yue, Keith Woeste, Peng Zhao, Shuoxin Zhang	2023年10月15日	2023年3月3日	Peng Zhang, Shunxi Zhang, Fan Hao	Huijuan Zhou, Feng Yan, Fan Hao, Hang Ye, Ming Yue, Keith Woeste, Peng Zhao, Shuoxin Zhang	周惠娟, 闫锋, 郝凡, 叶航, 岳明, 赵鹏, 张硕新	11	11	是
---	--	-----------------------	--	-------------	-----------	-----------------------------------	--	------------------------------	----	----	---

2	Improved de-novo chromosome level genome assembly of the Vulnerable walnut tree Juglans mandshurica reveals gene family evolution and possible genome basis of resistance to Lesion nematode	Molec ular Ecolo gy Resou rces	Feng Yan, RuiMin Xi, RuiXue She, PengPe ng Chen, YuJie Yan, Ge Yang, Meng Dang, Ming Yue, Dong Pei, Keith Woeste, Peng Zhao	2021 年 21 卷 2063 -207 6 页	2021 年 8 月 17 日	P e n g Z h a o	F e n g Y a n	闫锋, 惠 瑞 敏, 折 瑞 雪 , 陈 鹏 鹏 , 昱 洁 , 杨鸽, 党 萌, 岳 明 , 裴东, 赵鹏	13	1 3	是
---	--	---	--	---	--------------------------	--------------------------------------	---------------------------------	---	----	--------	---

3	Population genetics, phylogenomics and hybrid speciation of Juglans in China determined from whole chloroplast genomes, transcriptomes, and genotyping-by-sequencing (GBS)	Molecular Phylogenetics and Evolution	Peng Zhao, Huijuan Zhou, Daniel Potter, Yiheng Hu, Xiaojia Feng, Meng Dang, Li Feng, Saman Zulfiqar, Wenzhe Liu, Guifan Zhao, Keith Woeste,	2018年126卷250-265页	2018年09月18日	Peng Zhao, Keith Woeste	Peng Zhao	赵鹏, 周惠娟, 胡映恒, 冯晓佳, 党萌, 冯力, 刘文哲, 赵桂仿	43	43	是
---	--	---------------------------------------	---	-------------------	-------------	-------------------------	-----------	-------------------------------------	----	----	---

4	DNA methylation role in subgenome expression dominance of Juglans regia and its wild relative J. mandshurica	Plant Physiology	Mengdi Li, Mengwei Ou, Xiaozhou He, Hang Ye, Jiayu Ma, Hengzhao Liu, Huijuan Yang, Peng Zhao	2023年193卷1313-1329页	2023年07月04日	Peng Zhang	Mengdi Li	李梦迪, 欧梦薇, 何小舟, 叶航, 马佳, 刘恒, 刘兆杨, 娟慧, 赵鹏	5	5	是
5	Whole genome based insights into the phylogeny and evolution of the Juglandaceae	BMC Ecology and Evolution	Huijuan Zhou, Yiheng Hu, Aziz Ebrahimi, Peiliang Liu, Keith Woeste, Peng Zhao, Shuoxin Zhang	2021年21卷191篇	2021年10月21日	Peng Zhang, Shuoxin Zhang	Huijuan Zhou	周惠娟, 胡映恒, 刘培亮, 赵鹏, 张硕新	14	14	是

6	Molecular Identification and Genetic Analysis of Juglans Resources		Peng Zhao, Keith Woeste, Shuoxin Zhang	2012年	2012年04月10日		Peng Zhao	赵鹏, 张硕新	0	0	是
7	《中国秦岭经济植物图鉴》上下册		刘文哲, 赵鹏, 刘培亮, 周亚福, 仝盼盼, 张爱新, 毛少利	2019年	2019年01月01日		刘文哲	刘文哲, 赵鹏, 刘培亮, 周亚福, 仝盼盼, 张爱新, 毛少利	0	0	是

8	《陕西植物志·第四卷》	陈 丽 丽，程 虎印， 郭明， 郭 晓 思，黎 斌，李 琰，李 忠虎， 刘 培 亮，卢 元，孙 明洲， 田涛， 王 玛 丽，王 薇，王 亚玲， 吴 振 海，徐 文斌， 寻 路 路，杨 平厚， 杨 毅 哲，岳 明，张 雨曲， 赵亮， 赵鹏	2022 年	2022 年 07 月 01 日		陈 丽 丽，程 虎印， 郭明， 郭 晓 思，黎 斌，李 琰，李 忠虎， 刘 培 亮，卢 元，孙 明洲， 田涛， 王 玛 丽，王 薇，王 亚玲， 吴 振 海，徐 文斌， 寻 路 路，杨 平厚， 杨 毅 哲，岳 明，张 雨曲， 赵亮， 赵鹏	0	0	是
合 计							86	8 6	

8、主要完成人情况

序	完成人	行政 职务	技 术 职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	赵鹏	院 长 助理	教授	西北大学	西北大学	构建胡桃属植物叶绿体、线粒体和染色体水平全基因组学数据；揭示胡桃

						<p>科植物多样性与系统演化；证实麻核桃为杂交种；提出核桃并不是由张骞从西域引入我国的假说；明晰我国核桃为四种生态型，新疆、西南、秦巴和华东；揭示了核桃有多个避难所，我国为起源中心之一；阐明胡桃属 DNA 甲基化表观遗传调控；解析核桃重要农艺性状关联基因与驯化基因。完成人在项目设计、研究方案制定、关键技术路线选择及团队协调等方面发挥核心作用。对本项目《重要科学发现》中所列第 1、2、3 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、2、3、4、5、6、7、8 篇代表性论文专著的作者。</p>
2	周惠娟	无	副 研 究 员	陕西省西安植物园 （陕西省植物研究所）	陕 西 省 西 安 植 物 园 （ 陕 西 省 植 物 研 究 所）	<p>对胡桃科多样性和演化进行了分析；样品采集，群体遗传学数据分析；组装提升了黑胡桃的高质量染色体水平基因组，揭示胡桃属植物基因层面遗传变异；分析了果实发育相关基因表达模式；鉴定了抗病基因家族 NBS-LRR 并明晰了其在黑胡桃和核桃基因组上的差异；发现了该植物基因家族演化和油脂代谢的候选基因，为胡桃属植物提供高质量染色体水平基因组资源数据；对本项目《重要科学发现》中所列第 2、3 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、3、5 篇代表性论文专著的作者。</p>
3	张硕新	无	教 授	西北农林科技大学	西 北 农 林 科 技 大 学	<p>黑胡桃（<i>Juglans nigra</i>, $2n = 32$）隶属于胡桃科胡桃属，也称为东部黑胡桃（eastern black walnut, EBW），为重要的木本经济树种，是优质的木材原料，油脂蛋白含量高且营养丰富。该树种也作为栽培核桃（<i>Juglans regia</i>）砧木的重要资源。完成人为胡桃科多样性演化分析、核桃种质资源多样性、揭示黑胡桃高质量染色体</p>

						水平基因组，鉴定抗病基因家族 NBS-LRR 并明晰其在黑胡桃和核桃基因组上的差异等成果提供了科研经费及悉心指导工作。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、5、6 篇代表性论文专著的作者。
4	马佳雨	无	无	西北大学	西北大学	在核桃 (<i>Juglans regia</i>) 及其野生近缘种核桃楸 (<i>Juglans mandshurica</i>) 中进行与抗逆相关的候选基因家族鉴定。通过染色体定位、理化性质预测、系统发育关系、共线性分析、顺式作用元件预测、基因结构分析等生物信息学方法，结合转录组测序技术及 qRT-PCR 实验筛选与抗逆相关的重要候选基因。揭示了表观遗传修饰在胡桃属植物适应性演化中的重要作用，核桃和核桃楸植物耐盐、耐寒等模块基因表达模式及演化，鉴定解析胡桃属植物适应性及抗逆性相关基因功能。对本项目《重要科学发现》中所列第 3 项科学发现做出了创造性贡献，是第 4 篇代表性论文专著的作者。
5	刘恒兆	无	无	西北大学	西北大学	揭示重要木本油料核桃壳厚和种皮色泽等农艺性状的代谢途径，发现调控核桃种皮颜色的关键结构基因和转录因子，为理解胡桃属植物适应性状的表观遗传调控机制提供了重要数据和见解，并对揭示胡桃属植物适应性状形成的分子机制做出了积极贡献。样品采集与数据收集，整理归纳信息，数据分析，协助撰写相关报告与论文，并提出相关问题的解决方案。对本项目《重要科学发现》中所列第 3 项科学发现做出了创造性贡献，是第 4 篇代表性论文专著的作者。

6	郝凡	无	无	西北农林科技大学	西北农林科技大学	样品采集, 数据分析, 对黑胡桃进行高质量染色体水平基因组组装注释, 揭示黑胡桃物种群体动态历史, 通过泛基因组学发现了胡桃属植物基因组层面遗传变异。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献, 是第 1 篇代表性论文专著的作者。
0						

9、主要完成单位情况

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	西北大学	西北大学肇始于 1902 年, 是国家“世界一流学科建设高校”及“211 工程”建设高校。生命科学学院是西北大学深化高等教育综合改革、学部制探索的首家单位, 创新举措成效被中央教育工作领导小组教育要情刊发, 《光明日报》头版报道。所在学院设有生物科学、生态学和中药学三个一级学科。生物学科创建于 1924 年, 是我国大学中创建最早的生物学学科之一。2005 年获一级学科博士学位授权点, 其中植物学为国家重点学科。拥有国家微检测系统工程技术研究中心、国家级生物科学与生物技术实验教学中心、教育部西部资源生物与现代生物技术重点实验室和 3 个省级重点实验室和工程中心; 拥有国家理科基础科学(生物科学)和国家生命科学与技术两个人才培养基地。生物科学为国家级“一流本科专业”。生态学科是我国第一批获得一级学科博士学位授权单位(2011 年), 2012 年设立生态学博士后流动站, 主要贡献提供各项实验设备, 人员和经费支持。
2	陕西省西安植物园(陕西省植物研究所)	陕西省西安植物园(陕西省植物研究所)和陕西省植物资源保护与利用工程技术研究中心, 拥有国家秦岭宿根花卉种质资源库、西安市生态监测

		与修复工程中心、西安市生物多样性保护国际科技合作基地，共建有陕西省秦岭生态安全重点实验室等科研平台，成果完成过程中对主要贡献为提供核桃种质资源材料，高质量染色体水平黑胡桃基因组学论文撰写，软件分析，数据平台支撑。
3	西北农林科技大学	合作单位西北农林科技大学是教育部直属、国家“985 工程”和“211 工程”重点建设高校，首批入选国家“世界一流大学和一流学科”建设高校，2022 年入选国家第二轮“双一流”建设高校，单位在成果中主要贡献为提供数据分析、研究思路 and 平台支撑，胡桃科多样性和系统演化及黑胡桃基因组成果完成成为第一单位。

10、完成人合作关系说明

该项目六位完成人长期合作。第二完成人周惠娟 2012-2024 年提供核桃种质资源等，合作代表性论文 1、3、5；第三完成人张硕新 2012-2024 年提供指导工作，合作代表性论文 1、5、6；第四完成人马佳雨为第一完成人赵鹏的博士研究生，2017-2024 年进行胡桃属植物适应性研究，合作代表性论文 4；第五完成人刘恒兆为第一完成人赵鹏的博士研究生，2016-2024 年研究核桃壳厚和种皮色泽，合作代表性论文 4；第六完成人郝凡于 2016-2021 年进行数据分析，合作发表代表性论文 1。