

# 破解葡萄驯化的百年谜题

中国科学家董扬等联合“一带一路”沿线为主的17个国家的79位科学家，把葡萄的栽培史提到了11000年以前，解决了学术界对葡萄起源长达百余年的争议，构建了几乎覆盖所有栽培葡萄遗传资源高精度亲缘关系谱系图，提供了葡萄定向育种和设计育种新技术路径。



## 深瞳工作室出品

采写：本报记者 赵汉斌  
策划：赵英淑 滕继濮 林莉君

作为世界四大水果之一，全球综合产值最大的经济作物之一，葡萄具有重要的经济、社会和文化价值。但鲜食葡萄和酿酒葡萄从哪里起源？经过多久才被人工驯化……这些问题一直困扰着科学界。

近期，年轻的中国科学家董扬等联合“一带一路”沿线为主的17个国家的79位科学家，把葡萄的栽培史提到了11000年以前，解决了学术界对葡萄起源长达百余年的争议，构建了几乎覆盖所有栽培葡萄遗传资源高精度亲缘关系谱系图，提供了葡萄定向育种和设计育种新技术路径。

回首科研路，带着累累硕果，记者跟随科学家沿着“一带一路”，来一次穿越万年的旋风之旅。

## 达尔文开了个头，却没有给出结论

15000年来，人类驯化了300多种动物和植物。历尽洪荒，从狩猎—采集社会，过渡到农业社会。

植物的引种驯化，是指经过人工选择、栽培，使野生或外来植物适应本地自然环境，并为人所利用，其本质是将基因多样性变化导致的不同性状表现，在层层选择和改良中加以保留或摒弃，形成农业作物的品种和品系。

葡萄约有60个可生育的野生种，北美约有28种，东亚约有30种，它们喜欢生长在海拔200米至1500米间的温带山坡、沟谷林、灌丛和针阔混交林地带。

由于未经人工引种驯化，野生葡萄穗粒小，产量低，口感酸涩，它们往往还是雌雄异株，这意味着自然界中的葡萄，只有一半可以结果。“古人选择了突变的雌雄同株，通过人工驯化，将其保留和传播开来。”云南农业大学教授董扬说，就此使栽培型葡萄产量远高于野生葡萄，同时形态、颜色、香气也呈



云南农业大学葡萄研究团队以番茄为模型，验证了颜色、香气等大量葡萄品质性状控制基因，实现葡萄的高效率基因编辑，搭建了功能基因组技术平台。

图① 番茄模型实验。  
图② 研究样品。  
图③ 研究成果登上《科学》封面。

本版图片除标注外由受访者提供



云南农业大学葡萄研究团队研究人员正在挑选酿酒葡萄样品。

多样化。伴随着人类文明进程，作为水果和酿酒原料，葡萄分布渐广，品种日益繁多，目前全世界登记在册的品种约有11000个。

达尔文在《物种起源》第一章，描述了一个非常有意思的现象：家养动物和家养植物与它们的野生祖先有很大的形态差异。多年后，他又写下《动物和植物在家养驯化下的变异》，详细讲述人工驯化的动物和植物。但家养驯化动物和植物是何时何地如何进行的，达尔文开了个头，却没有给出结论，留下一个百年谜题，葡萄便是其一。

在自然条件下，要形成一个新物种最短也需要几百万年，而人工驯化环境下，仅用几千年时间就可以形成一个相对独立的物种，很多家养物种的形态、特性都和野生祖先产生了巨大的差异，形成了生殖隔离，符合新物种标准。人工驯化与自然选择迥异，很多物种特征满足人工驯化需求，却不利于在自然界中自然繁衍，但有利于人工繁育。

在国际上，葡萄学是与园艺学平行的独立学科，足可见人们对葡萄的偏爱与倚重。

大多数葡萄学教科书都认为，人工栽培葡萄起源于大约8000年前；同时，对葡萄起源地也一直存在争议，不同教科书中有不同的答案，但大多数认为葡萄起源于地中海附近，是单一区域起源，鲜食葡萄和酿酒葡萄起源也可能有先后。

“针对诸多疑问，2017年，我们开展了第一阶段探索性研究，在全国和亚洲范围内收集了472个葡萄遗传资源进行基因组分析。”董扬说，那时，他们只试图探索基因组方法是否可应用于葡萄的遗传资源分析。

“当时我们提出，现代葡萄可能在黑海地区起源，具体什么地方不清楚，起源驯化时间大约在7460年前。”云南农业大学原校长、教授盛军告诉科技日报记者，但这个结果提出后非常有争议。为深入开展科学研究，让理论更加完善，云南农业大学生物大数据重点实验室研究团队很快展开了另一项研究。

## 携手17国科学家，揭示葡萄遗传密码

此前，由于我们缺乏大规模基因组遗传变异数据，导致无法解析葡萄驯化和传播历史，也严重阻碍了葡萄的性状改良。

在2017年的研究中，董扬等人惊奇地发现，全世界所有葡萄品种中，中国葡萄可谓“特立独行”。

“我们的葡萄，多多少少都有‘京秀’这个品种的遗传影子，一方面说明‘京秀’对葡萄育种很重要；同时这也告诉我们，中国葡萄的遗传圈非常狭窄，导致受其影响的韩国葡萄资源也非常狭窄。”董扬说，日本也是先从中国引进了一些品种，后来才使用欧美的一些品种作为育种材料，培育出抗病、丰产、耐贮藏的夏黑葡萄，以及果肉鲜脆多汁、有玫

瑰香味、不裂果、不脱粒的阳光玫瑰葡萄等品种。

“如果了解了葡萄的起源、驯化和迁徙问题，我们就可以有针对性地对其进行品种选育。”董扬解释说，和很多果树育种一样，早期人们利用自然突变——也就是芽变以及扦插来进行葡萄育种。

要解决这一系列问题，需要从全球尺度出发，才能得到有价值的结果，也就是说需要在全世界范围尽可能多地收集栽培葡萄的样本。这在几年前，几乎是不可能的事。

被同事和同行称为“外星人”的董扬，年轻，活跃，精力旺盛，有着超凡的组织能力。他通过网络，旋风般地向全世界同行发出邀请合作邮件，请他们把样本资料和已有的信息汇集到中国，并很快得到了17个国家科学家的响应。

“非常幸运，合作始于2019年初，在当年年底前，就已经完成了5000份样本材料和数据的汇集。”盛军说。

这些样本，有的来自南半球的智利、澳大利亚等国家，有的来自美、英、德、法、日等国，更多是“一带一路”沿线各国科学家的协作。在地图上把他们的国家连成线，与古代陆上“丝绸之路”线路高度吻合。

5000份样本，并非都是独立的品种，其中约有800份遗传背景接近，被定义为克隆株，得对其进行基因组序列分析并加以过滤，这需要极大的耐心和相关学科丰富的学识经验。“经过仔细梳理、排查，我们把一些重名、错误名的样品剔除，再测序比较，它们之间的亲缘关系才能清楚准确地显现出来。这是研究最大的难点。”董扬说。

“葡萄项目的推进，非常依赖国际合作。合作中，我们采用一套非常严格的样本传递方法，并同每家合作单位签署材料传输许可协议(MTA)。”云南农业大学副教授陈伟说，这样就可以明确样品的所有权、来源是清晰可追溯的；在研究成果共享方面，也设定了相应机制：每家单位提供样品后，可优先访问由其产生的数据，并可对其进行独立分析。

“在合作中，样本邮件传递的影响特别大。”董扬说，受新冠疫情影响，有很多合作者只能待在家里工作，但资料又都在办公室、实验室。即便是电子邮件沟通和确认，也颇为费事。

一位不愿透露姓名的澳洲合作者，已年逾七旬，过着隐士生活，独自居住在山区农场里。“每次找他，都得联系他的家人。他的家人又开很长时间的車，然后转告我们的需求。等他到了小镇上，找到电脑，才能给我们回复邮件。但总体来说，沟通都非常融洽。”董扬说。

格鲁吉亚的三位合作者，提供了非常重要的野生葡萄样本。他们中，有一位并不精于英语。“每次交流，我们都请他的同事联系他，虽然很迟才回复邮件，但他非常支持我们的工作，给了我们很多指导，有时候用英语夹杂格鲁吉亚语言来回复，或借助翻译软件来交流。”董扬说。

这一切，在新冠疫情期间艰难推进。三年间，世事变幻，数据和成果在不断产生，而参与的科学家中，却有两位不幸离世。

说到这里，董扬的镜片已经起了一层薄雾。

## 最早驯化的水果，登上《科学》封面

2023年3月3日，79名科学家的合作，终于开花结果，并登上了《科学》封面。

累累硕果下，最醒目的两个词是“驯化”“葡萄”，正文标题为《葡萄驯化中的双重驯化及其性状起源》。同时，期刊还配发了不乏溢美之词的评论。该研究的主创人员还将受邀参加2023年《科学》年会。

“这是我国年轻科学家牵头，采用超大规模基因组数据和复杂数据分析方式，联合全球科学家在葡萄生物资源研究方面取得的重大成果。既是中国青年科学家致力于国家科技自立自强的骄傲，也是中国科技与世界科技创新合作的典范。”云南省科学技术厅党组书记、厅长王学勤说，同时这也提示我们，人类要破解共同发展难题，当今比以往任何时候都更需要国际合作和开放共享。

进入分子生物学时代，分类学界判断物种的关联及演化历史，不再仅凭外表，而是按照基因组的相似性来分类——相似的都是一个来源，然后通过DNA序列变异规律推算“分子钟”，可准确反映物种分化的时间。

通过复杂的测序分析，董扬他们发现，11000年前，由于气候变化，野生葡萄自然分化成东西方两个群体，古人在相距1000公里的近东地中海东岸与南高加索，几乎同步驯化和改良了葡萄品种。随着人口迁移和贸易往来，葡萄也被传播到全世界。

“驯化伴随着很强的目的性。持续的选择，野生种和栽培种彻底分开，形成了如今的葡萄品种格局。”陈伟说，人类最早驯化的作物是小麦，大约在15000年。但人类最早驯化的水果是什么，此前并不清楚。新的研究证明，葡萄就是人类最早驯化的水果。

研究中，产生的数据超过40TB，需要的存储空间、算力也是个大问题，新冠疫情的影响此时也更加凸显。年轻的团队基于此前的工作，想尽办法创新算法，调整把控参数，创造性地形成了一套运算和数据分析处理的方法，成功构建了目前全球最大的葡萄遗传资源数据库。

“似乎所有可能的问题都遇到了，但也都解决了，这就是科研的魅力——不断出现问题、不断解决问题，人生也是这样。”董扬一副“过尽千帆皆不是”的神态。

解疑中，他们还提出诸多新观点。此前，大多数葡萄学观点认为，欧洲酿酒葡萄起源于当地的野生种，新构建的高质量参考基因组证明，事实并非如此。这改变了葡萄酒学的基础信息：起源问题是核心，驯化模式是了解葡萄遗传资源形成的关键。对所有疑问的清晰阐述，有划时代意义。

“这篇文章能够登上《科学》封面，是有科学方法和翔实数据支撑的。”董扬说。

“这是一个大科学、大合作时代。它之所以被放在封面，是因为这是一个国际合作的大项目，解决了全世界都想要知道的问题。”盛军说。

有评论指出，新提出的“葡萄双起源中心”模式，纠正了科学界以前的单起源中心理论，证明酿酒葡萄和鲜食葡萄在不同区域同时起源，而且起源初期遗传背景具有显著差异，形成了葡萄起源和迁徙的一致观点，改写了葡萄研究的教科书。

《科学》配发的评论则认为，支撑人类文明崛起的植物驯化，越来越被认为是文化景观中复杂的相互作用。董扬等人通过报道葡萄驯化事件，揭示了食物来源更多的复杂性。

## 精准设计定向选育，出产原创高品质葡萄

张骞，被司马迁称为“凿空”西域之功。西汉建元二年(公元前139年)，奉汉武帝之命，张骞率队打通了汉朝通往西域的南北道路，打通了中

## 延伸阅读

### 用好基因组工具，产出更多原创成果

◎本报记者 赵汉斌

“目前，我国70%鲜食葡萄品种依靠进口，没有自主知识产权高端品种；国内几乎所有的酿酒葡萄都是进口品种。”长期从事食品科学研究的云南农业大学原校长、教授盛军告诉记者，这就更需要科研人员把论文写在大地上，把包括水果在内的种业安全牢牢掌握在自己手心。

近年来，全球水果生产呈高速发展之势。相关数据显示，中国、印度和巴西水果产量与种植面积均位列前三。其中，2022年，我国葡萄种植面积51089.45万亩，产量1431.43万吨。

在盛军带领下，云南省生物大数据重点实验室建立。“基因测序是一件工具。但深度应用这个工具，会为我们揭开很多秘密，找到很多科研的线索和未来的应用。”盛军说。

因独特的垂直气候带和丰富的干热河谷，云南在鲜食和酿酒葡萄方面同时具备独特优势，成为我国重要产区 and 优质良种种植地。目前云南省葡萄种植面积约60万亩，最高产量达160万吨。

“我们自主培养的品种少，市场就做不大。”中国工程院院士、云南农业大学名誉校长朱有勇说，葡萄驯化起源成果的发表，以及高精度谱系图的构建，为解决葡萄育种的难题、

痛点提供了强有力支撑。

“但成果发表仅仅是种业创新的第一步。”这位“时代楷模”嘱咐年轻的团队，立足基因组研究，创新攻关，尽快开展定向育种，做强农业芯片，为广大农民群众发展特色产业特别是鲜食葡萄产业提供更好的品种。

“我们将进一步发挥学科和社会服务优势，全力支持董扬教授团队把科研成果转化为一线应用技术，助推葡萄产业升级，更好服务区域发展。”云南农业大学校长李永和说。为此，云南农业大学为董扬、朱怡帆团队颁发了1000万元的科研奖励基金。

董扬向记者透露，葡萄事业还在继续，利用基因组工具，今年还将有新的成果诞生。目前团队的工作重心已转向全球家鸡驯化模型、樱桃和樱花起源、药用植物驯化以及茶叶高质量基因组研究等。

鉴定出家鸡产蛋性状相关基因，可以让产蛋量显著增加；樱花和樱桃基因组分析，初步判定它们起源于大香格里拉区域；筛选控制茶叶株高矮化基因，不但可揭示大叶茶向小叶茶演化的历史，还可以优化茶园种植模式；把人工驯化和基因组学思路引入到中草药种植，则可为国家培育更多效用稳定的药用植物……只争朝夕，云南农业大学葡萄团队在努力，从而使多点开花结果的目标指日可待。