黑麦缘何成为小麦族的“黑马”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/13261.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！

黑麦缘何成为小麦族的“黑马”。



在西藏海拔3900米重度退化草地种植的黑麦作物。 武俊喜摄

麦类作物里，大家熟知的有小麦、大麦，其实黑麦也非常重要，是欧洲一些国家的重要粮食和饲料作物。欧洲的黑麦面包、俄罗斯著名特产大列巴面包和格瓦斯饮料，都是以黑麦为主要原料制作而成。

黑麦对自然界不良条件有很强的适应能力，这令许多育种家着迷。然而，由于黑麦属于异交作物，具有自交不亲和性，并且拥有极为复杂的基因组，导致其基因组精细物理图谱的组装十分困难，这对于全世界麦类基础和应用研究来说都是一个非常大的挑战。

近日，河南农业大学农学院联合国内多所大学以及科研单位解决了这项难题，完成了黑麦基因组精细图谱的组装，揭示了黑麦基因组结构与演化的独特性及其淀粉合成、储存蛋白、抽穗期和驯化等相关基因的基因组特征，该成果对麦类作物遗传改良具有重要指导作用和实用价值，发表于《自然—遗传学》。

构建高质量精细图谱

栽培黑麦属于禾本科小麦族黑麦属，与小麦和大麦是近亲，是小麦和小黑麦改良的重要遗传资源，也是高效开展小麦族植物比较基因组学研究不可或缺的重要材料。

黑麦可谓是小麦族的一匹黑马，因为黑麦在极端的土壤和气候条件下依然能够生长。

比如高海拔、寒冷、贫瘠土壤等条件，黑麦都能茁壮成长，在这些地方，种植黑麦的效益远高于小麦。论文共同第一作者、河南农业大学农学院植物基因组学与分子育种中心研究员杨建平告诉《中国科学报》，如果能把这些优异的基因转移到小麦里，就可以帮助小麦升级改造。

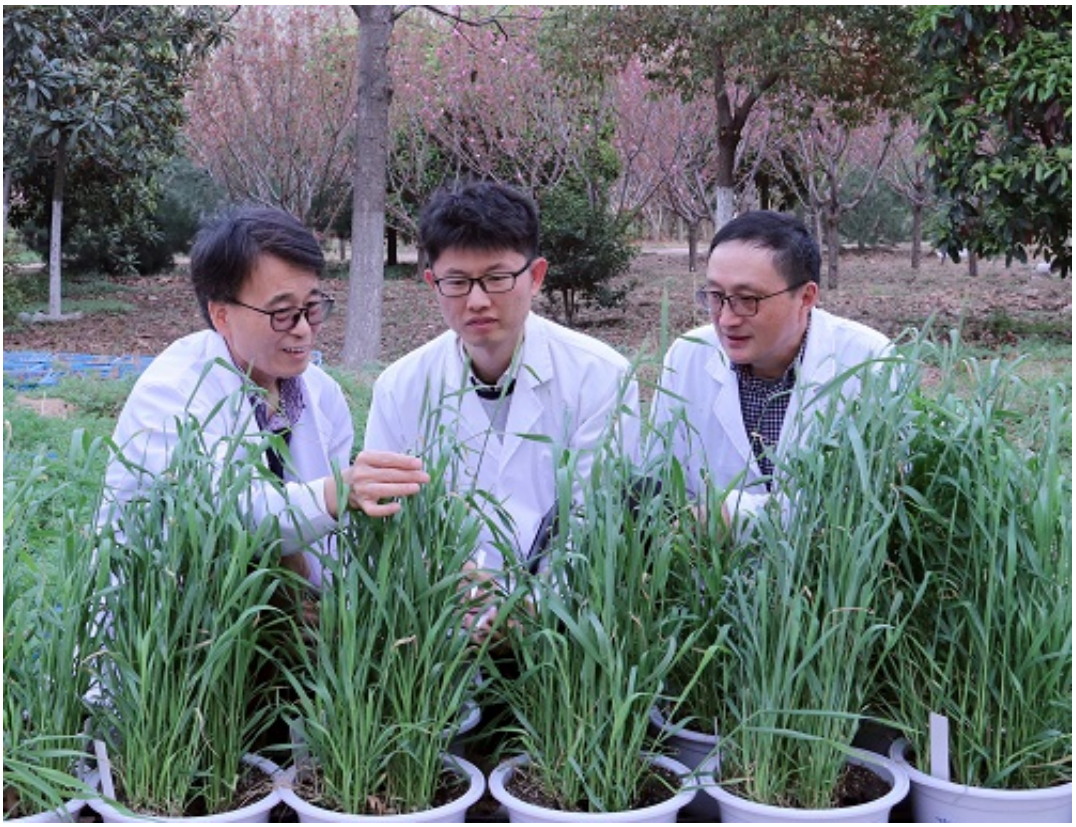
利用黑麦为亲本培育出的小黑麦兼具黑麦的环境适应性和小麦的产量潜力，在我国每年种植面积约为450万亩，在欧洲种植面积很大，约有6000多万亩。论文共同通讯作者、河南农业大学农学院植物基因组学与分子育种中心研究员王道文在接受《中国科学报》采访时介绍。

而且，作为介于小麦和大麦之间的物种，黑麦在进化地位上也至关重要。目前小麦和大麦基因组精细图谱都已经有了，唯独没有黑麦的图谱，科学家意识到，只有把黑麦的基因组彻底解析，小麦族的比较基因组学研究才算完整。

这谈何容易。与小麦和大麦相比，黑麦有一个特性就是自交不亲和，需要异花授粉来传宗接代。杨建平指出，这样带来的问题就是，黑麦基因组杂合度很高，相对于其他二倍体麦类基因组，黑麦的基因组更加复杂。

尽管黑麦基因组与其他二倍体麦类一样只有14条染色体，但大小却将近8Gb，是水稻的25倍、玉米的4倍和大麦的1.5倍，是一个非常庞大的基因组，而且有非常多高度相似且串联的重复序列，所以整个基因组测序和组装都异常艰难。论文共同第一作者、四川农业大学副教授任天恒在接受《中国科学报》采访时说。

主角选用的是四川农业大学提供的中国栽培品种威宁黑麦。该校20多年前在贵州威宁地区收集到这份威宁黑麦品种，并在实验室完成多代自交后产生了靠谱的纯合自交系材料。要做异花授粉植物的基因组测序，没有一个高度纯合的材料做基础是不可能完成的。任天恒表示。



王道文（左）、李广伟（中）和杨建平在观察威宁黑麦的抽穗特性。郑楠楠摄

正是利用威宁黑麦，河南农业大学以及四川农业大学、北京大学和百迈客生物科技公司等多家单位，克服重重困难，综合利用多项技术，首次成功构建威宁黑麦基因组的高质量精细物理图谱。

这是目前全世界组装完成的最复杂的二倍体禾本科物种基因组，填补了禾本科物种基因组信息的重要空缺，为作物基因组学研究和重要农艺性状功能解析提供了非常珍贵的遗传信息资源。王道文说。

黑麦的起源和驯化

有了测序结果，就可以探究黑麦的整个演化历史。

黑麦最初是一种野草，在形态上与小麦和大麦类似，因此在田间避免了被当做杂草移除，后因其突出的抗旱、抗寒和抗病能力，在小麦和大麦传播过程中得到逐步驯化，从而形成这样一个特殊的麦类作物。论文共同第一作者、河南农业大学博士李广伟介绍，通过分析整个黑麦全基因组的驯化位点，他们发现一些基因能够解析栽培黑麦驯化的基因组特征，为黑麦的拟态演化假说提供了分子机制。

黑麦的演化历史有几个重要的时间节点。黑麦与小麦、大麦的共同祖先在大约960万年前~1500万年前发生分化。

在杨建平看来，相较小麦和大麦而言，黑麦的驯化程度相对较低，算是半驯化，所以黑麦残留了很多原始基因。自然界经过了一个很复杂的筛选过程，加上植物自身的斗争和抉择，巧合地造就了今天的黑麦物种。

在这个复杂二倍体禾本科植物里，科研人员还鉴定到两万多个基因复制现象。他们把黑麦的基因复制与小麦、大麦的做了对比后发现，在整个黑麦进化过程中，发生过两次比较明显的基因组扩张事件。

一次大约发生在170万年前，这与大麦的扩张时间接近；另一次大约发生在50万年前，这与四倍体小麦的扩张时间近似。李广伟表示，在进化路上，栽培黑麦的遗传多样性也在不断降低。

在李广伟看来，基因复制能够为基因新功能的分化产生新的资源，而且能够为物种在不同条件下的适应性演化提供一个必要基础，这在一定程度上解释了为什么黑麦能够在一些极端条件下具有突出的抗性和极强的适应能力。

定位功能基因，解析农艺性状

在全世界范围内，6180多万亩的种植面积生产了11.2百万吨的黑麦。亚洲贡献了全球13%的黑麦产量，其中50%来自中国。

黑麦非常重要，不仅本身是一种农作物，而且提供人工合成异源六倍体和八倍体新物种小黑麦基因组的三分之一或四分之一。

小黑麦是一种非常有价值的作物，这是由黑麦和小麦进行人为杂交产生的一个自然界本不存在的物种，把小麦的高产特性和黑麦应对极端环境的适应能力集于一身。王道文表示，小黑麦生物量和籽粒产量远高于黑麦，在全球广泛种植。

杨建平介绍，全世界与黑麦有血缘关系的小麦品种占比非常高，目前中国大约50%小麦品种携带黑麦的染色体，该类品种在北方冬麦区和黄淮冬麦区中占据主导地位。由黑麦和小麦远缘杂交产生的1BL/1RS易位系，能显著提高小麦的抗病性和产量，为保障我国和世界小麦生产以及粮食安全起到了至关重要的作用。

此次威宁黑麦中一共注释到了45596个高可信度基因，这些基因中有1989个抗病相关基因。接下来，研究人员还会挖掘黑麦耐瘠薄、耐旱、耐寒的优异基因。

我们可以更精确地利用分子标记辅助育种，有目的性地把黑麦的优异基因转移到小麦里发挥作用，为小麦遗传改良提供实质性的帮助。任天恒说。

这次，我们还找到了一些黑麦驯化背后的基因，比如促进早开花的基因。农作物育种都希望适当缩短作物生育期，在保证产量的情况下尽早开花、提早成熟，这样可以避开后期的自然灾害，也可以节约更多时间为下一茬作物的种植做好准备。王道文说，以黄淮麦区小麦为例，适当早熟就可以避开6月份的酷热或者暴雨天气。

黑麦很多特殊性状里，有一些与品质相关，比如淀粉合成和储存蛋白，都非常重要。

黑麦基因组在演化过程中，淀粉合成通路基因发生过多次复制事件，‘威宁黑麦’中有9个淀粉

合成基因发生了复制，复制基因的表达方式会发生改变，有可能在籽粒发育过程中发挥不同的功能。论文共同第一作者、北京大学现代农业研究院研究员何航告诉《中国科学报》。

种子储存蛋白对麦类作物加工和食用品质具有决定性的影响。

与淀粉合成通路基因的广泛复制不同，黑麦储存蛋白基因与小麦和大麦相比，经历了部分基因缺失。何航指出，如低分子麦谷蛋白，还有一部分醇溶蛋白，这有可能减弱面团的黏性；这些缺失同时促进了高分子麦谷蛋白的合成，可导致面团强度的增加。这些发现可以帮助黑麦、小麦、小黑麦提高品质。（来源：中国科学报张晴丹）

相关论文信息： https://doi.org/10.1038/s41588-021-00808-z

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：任天恒等 来源：《自然—遗传学》

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