
分子植物卓越中心关于杂交水稻的研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24164.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！

9月7日，中国科学院分子植物科学卓越创新中心韩斌院士团队在《自然-遗传学》（*Nature Genetics*）上，在线发表了题为*Structure and function of rice hybrid genomes reveal genetic basis and optimal performance of heterosis*

的研究成果。韩斌团队联合中国水稻研究所杨仕华、龚俊义研究组，收集了2839份杂交水稻种质资源。这些资源覆盖了整个中国杂交水稻育种历史，也是迄今为止已报道的最大规模杂交稻种质资源集。其中，18份代表性杂交稻材料被挑选用于构建包含万份个体的F2群体。基于这些材料的基因型和表型数据，该研究从在时间维度上评价了过去半个世纪的杂交育种成就，鉴定改良育种的分子印迹，量化改良育种关键位点的显性度和表型贡献率，总结育种遗传规律，解析亚种间杂种优势遗传基础，并构建了基因组选择模型，以便快速筛选优良杂交组合，缩短杂交育种周期。该研究立足于杂交育种的优良材料，提炼和归纳理论基础，再利用理论反哺实践，为推动杂交水稻育种技术的革新提供了理论指导和宝贵的资源。

杂种优势是生物界的普遍现象，是指遗传组成不同的亲本杂交产生的子一代在目标性状上超越双亲的现象。杂种优势被广泛应用于农业生产中，用于提高粮食作物和经济作物的生长速率、产量和抗逆性。20世纪70年代初，袁隆平及助手在野生稻群体里发现了一株天然败育个体，推动了杂交水稻育种的商业化发展。杂交稻育种提高了水稻的产量，继半矮秆育种后实现了产量的第二次跃升，被誉为“第二次绿色革命”。过去半个世纪，大量的杂交稻品种被育成，若能分析大量优良杂交稻品种的基因组和表型信息，可帮助解析杂种优势形成的遗传基础，在时间维度上分析杂交稻品种基因组结构的变化，并可帮助探索改良育种应用杂种优势的规律。

该研究通过分析2,839份杂交稻品种的表型变化趋势，回顾了改良育种的成就。一是库器官显著增大，包括每穗粒数和有效穗数。库器官的增大搭建了材料的高产架子，为产量提升打下了基础。二是为了配合增大的库器官，源器官显著增大，包括主要光合器官剑叶的叶长和叶宽，以提高源器官的灌浆能力。三是抽穗期稍缩短。水稻生育后期（灌浆期）的气候条件多变，极端天气可能影响水稻的产量，甚至导致颗粒无收。稍缩短的抽穗期可以降低材料在生育后期遇上极端天气的风险，从而提高材料的稳产性能。四是籽粒蒸煮品质和外观品质显著提升。早期杂交稻的稻米品质较差，通过育种家的不懈改良，稻米品质得到显著提升。

抽穗期的缩短和米质的改良，对提高或维持现有产量水平带来了挑战。该研究发现杂交稻育种通过源库协同改良，单株产量没有下降，反而实现了小幅的提升。

该研究发现在杂交稻改良育种过程中杂交稻群体的基因组遗传多样性逐渐增加，与TJ（Twoline-Jap）类型杂交稻数量逐渐增多有关。根据韩斌团队此前的研究，该类型杂交稻属于两系杂交制种

体系，多为籼-粳杂交稻类型，却含有粳型细胞器。谱系追踪显示该类型杂交稻的祖先材料为粳稻类型（农垦58S）。本研究发现TJ杂交稻与WA杂交稻相比，核基因组含有更高的粳稻渗入水平，且对粳稻来源的优良等位变异使用更加频繁。因此研究认为新型种质资源和制种体系的开发，有助于通过基因组渐渗引入并广泛使用优良等位变异。

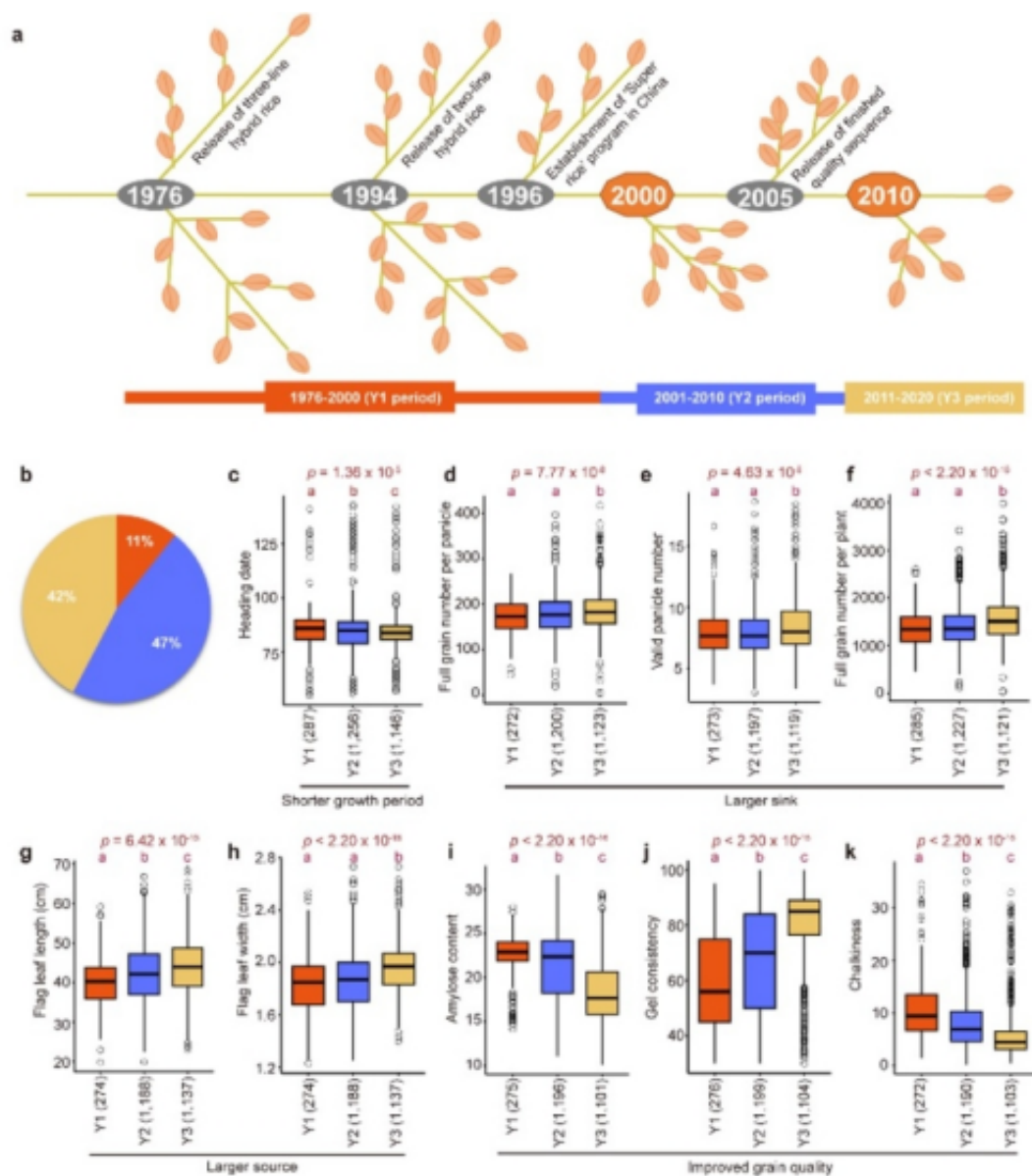
此外，该研究通过全基因组关联分析定位了调控杂交稻产量和品质的主效位点。结合位点的基因型频率变化趋势分析和位点显性度以及表型贡献率的量化分析，该研究提出育种通过位点的遗传效应，选择合适基因型进行性状改良。其中，以稻米品质为例，多数主效位点表现为负向显性效应，这与品质较难表现出杂种优势的固有印象相符，意味着杂合基因型会“拖后腿”。因此，改良育种通过双亲协同改良，在目标基因座上同时为双亲配备优势等位基因型，使得F1能够获得优势纯合基因型。这对杂交稻育种提供了一些启示：对于显性（部分显性）效应位点可以选择只改良一个亲本，超显性位点需使双亲拥有不同基因型，而加性效应或者负向显性效应位点必须实现双亲协同改良，才能最大化杂种优势效应。

亚种间杂交稻由于拥有巨大的杂种优势和产量潜力，近年来备受关注。那么，解析亚种间杂种优势的遗传基础，将有助于充分开发亚种间杂种优势。包括三个经典的杂种优势遗传假说——显性假说（认为双亲来源的显性效应位点的遗传互补引起杂种优势）、超显性假说（认为单一位点的杂合基因型相较于两种纯合基因型有更好的表现）、上位性假说（强调位点之间的互作，基因功能的发挥依赖于遗传背景，杂交子一代获得了较双亲更优的基因型组合，因此表现出杂种优势）。此前韩斌团队报道，双亲来源的显性和超显性效应位点均对亚种间产量杂种优势的形成有贡献。本研究利用复合区间作图法和8套籼粳杂交稻来源的5,342份F₂个体，定位与单株产量、每穗粒数、单株实粒数、千粒重和结实率相关的位点（这些性状在杂交稻品种中表现出普遍的杂种优势），并量化这些位点的显性度和表型变异贡献率。对于单株产量、每穗粒数和单株实粒数，显性（或部分正向显性）和超显性效应位点的数量相当，但显性效应位点解释了更大的表型变异率；对于千粒重，显性效应位点不论是位点数量还是表型变异贡献率，均较超显性效应位点的贡献更大；而对于结实率，两种遗传位点的贡献相当。因此，该研究提出显性效应和超显性效应位点对亚种间产量杂种优势均有贡献。总体而言，显性效应位点扮演了更加关键的角色。

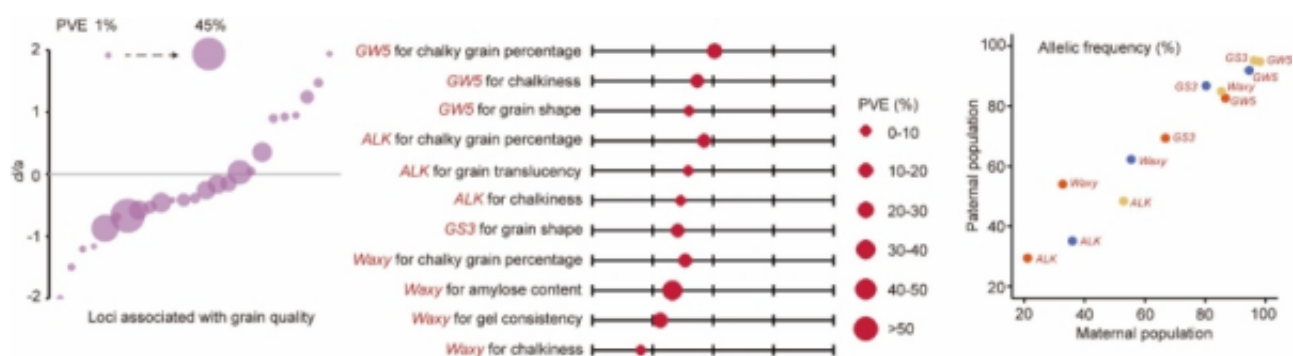
基于上述超万份材料的基因型和表型数据，该研究构建了基因组选择模型。该模型能够根据杂交组合的基因组遗传变异信息预测材料的田间表现，并联合七个重要农艺性状的预测结果开展多性状选择，从而实现育种潜力个体的高效筛选，帮助育种者制定杂交计划，缩短育种周期，节约人力和时间成本。此外，由于训练集包含了大量亚种间杂交稻来源的F₂个体，该模型能够有效处理亚种间杂交稻的基因型数据，从而适用于亚种间杂交组合选配，有望推动亚种间杂交稻育种的发展。

研究工作得到国家自然科学基金、中国科学院战略性先导科技专项（B类）、上海市科学技术委员会和中国博士后科学基金等的支持。

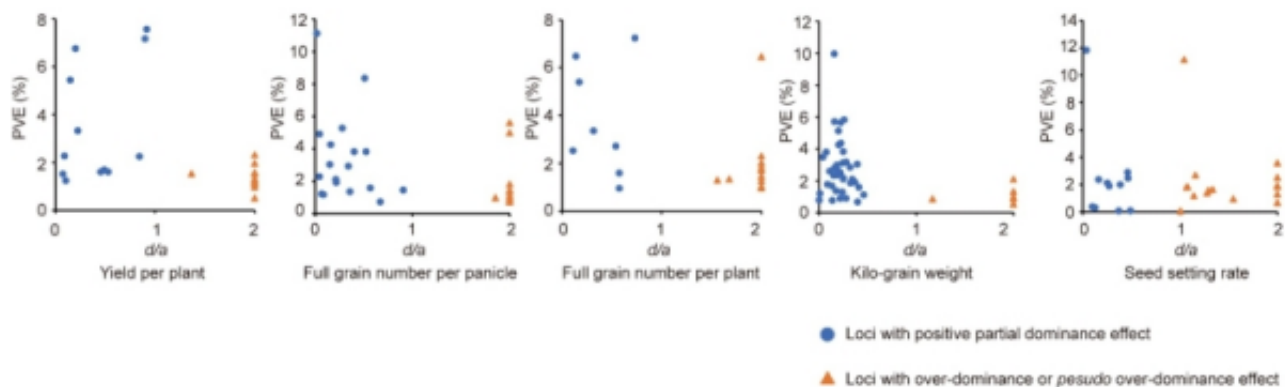
[论文链接](#)



三个育种阶段划分以及不同育种阶段材料的表型变化趋势分析



米质相关主效基因多数表现为负向显性效应以及四个主效位点的优势等位基因频率在双亲中协同增加



量化分析亚种间杂交稻产量相关位点的显性度和表型变异贡献率

研究团队单位：分子植物科学卓越创新中心

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