

# 密植高产——我国玉米育种的最核心目标

严建兵<sup>1</sup> 赵久然<sup>2</sup>

(1. 华中农业大学作物遗传改良全国重点实验室, 武汉 430070; 2. 北京市农林科学院玉米研究所 玉米 DNA 指纹及分子育种北京市重点实验室, 北京 100097)

## Dense Planting for High Yield - The Key Goal of Maize Breeding in China

YAN Jian-bing<sup>1</sup> ZHAO Jiu-ran<sup>2</sup>

(1. National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070; 2. Maize Research Institute, Beijing Academy of Agriculture & Forestry Sciences, Beijing Key Laboratory of Maize DNA Fingerprinting and Molecular Breeding, Beijing 100097)

我国是人口大国, 粮食安全是事关国家长治久安的重大战略问题。习近平总书记指出, 中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手上。至 2050 年, 全球人口将突破 90 亿, 预计全球作物产量需要再提高一倍才能满足需求。在耕地资源日趋紧张、极端气候和病虫害频发的形势下, 继续提升粮食产量的关键在于提升单产水平。玉米是全球重要的粮食、饲料和能源作物, 对保障世界粮食安全意义重大。玉米的播种面积、总产均居我国粮食作物首位, 也是单产提升潜力最大的作物。2023 年中央一号文件明确指出要全力抓好粮食生产, 开展吨粮田建设, 实施玉米单产提升工程。

品种是玉米高产的基础, 进一步提高品种耐密性和种植密度是提高玉米单产的关键。在近 80 年中, 美国玉米单产提升了近 8 倍, 这个过程中种植密度从平均每亩 2 000 多株增加到近 6 000 株, 种植密度贡献显著。我国高产玉米新品种更新迭代过程中, 玉米株型也逐渐从平展型演变成紧凑型, 品种的耐密性明显提高, 但和美国的种植密度相比, 潜力仍然很大。密植增产得益于通过改良叶夹角、雄穗大小等性状, 改善玉米群体冠层结构, 增强群体的通风透光性、有效叶面积指数, 从而获得较高的群体光合和合理的冠层光辐射分布, 显著提高玉米群体光合效率和干物质积累效率。玉米密植后, 群体内通风、透光降低, 抗病抗逆能力降低, 更易发生倒伏,

个体生理和形态也会发生变化, 对有限光温、水肥的竞争加剧。培育株型紧凑、水肥和光利用效率高的品种, 对玉米密植增产, 实现农业可持续发展意义重大。

在近代作物育种中, 突破性品种的培育均与重要基因的挖掘和应用紧密相关。比如水稻, 得益于矮秆基因和雄性不育基因的发现和利用, 实现水稻矮化育种和杂种优势利用的两次重要技术革命, 极大提高了水稻的产量。2009 年玉米 B73 参考基因组公布后, 玉米功能基因组研究进入快车道。针对耐密高产相关性状, 如叶夹角、穗位高、雄穗大小、穗长、行数和籽粒大小等, 国内外科学家通过正向和反向遗传学克隆了数百个基因, 涉及不同的细胞学、生理生化过程和代谢途径。随着基因组学、数量遗传学、分子生物学和转基因技术的迅猛发展, 在科技部、农业农村部和国家自然科学基金委的持续支持下, 我国科学家在玉米高产、抗逆等功能基因克隆和调控网络解析等方面取得了突破性进展, 体现出我国玉米功能基因组研究的实力和地位。但与玉米复杂的基因组相比, 认识还远远不够, 解析的基因和网络的数量还非常有限。

近 10 年来, 我国在玉米基因组和功能基因组研究上, 取得了长足进步, 在耐密高产玉米新品种选育方面也取得显著的成绩, 但与美国等发达国家和国际种业巨头相比, 仍有差距。目前, 我国玉米平

均单产只有美国的 60% 左右, 而且单产还在以每年约 4 kg/ 亩的差距扩大, 如何加快缩小与发达国家的差距, 是我国玉米科技工作者亟需解决的重大产业课题。耐密高产玉米育种破题, 赶超美国, 是新形势下保障国家粮食安全的重大战略需求。我国不是玉米的起源地, 种植玉米的历史相对较短, 在玉米种质资源的收集、评估、利用和创新上存在明显的短板, 同时育种技术更新换代快, 目前国际前沿已开始进入到利用人工智能和大数据技术驱动的智能育种技术阶段, 而我国仍然主要处于以杂交育种为基础加上少量分子标记辅助育种的 2.5 代育种阶段, 未来我们要在种质资源和育种技术创新这两个关键点发力。在继续解析耐密高产性状遗传机制的基础上, 着重挖掘有育种价值的优良基因和等位变异, 结合 DNA 芯片和高通量测序技术, 建立多基因高效聚合技术和基因组选择技术, 发展高通量的田间表

型鉴定技术。立足长远, 创制遗传基础宽广、聚集更多优良基因的基础改良群体, 充分利用快速发展的基因组育种技术和工具, 扎实做好种质资源原始创新等基础性工作。将功能基因资源优势转化为重大种质创新的优势, 把基因组研究的优势, 转化为基因组育种的技术优势。上中下贯通, 产学研融合, 实现我国玉米密植高产品种培育的突破。

本期“玉米高产专题”邀请了国内长期从事玉米耐密高产研究和育种团队, 对该领域的国内外进展进行全面探讨, 包括玉米理想株型改良<sup>[1]</sup>、矮秆育种<sup>[2]</sup>、密植和抗倒育种<sup>[3-4]</sup>、产量的遗传和表观遗传机制<sup>[5]</sup>、超高产育种和生产<sup>[6-7]</sup>等方向, 对我们下一步玉米高产育种有良好的借鉴价值。值此专刊出版之际, 谨向所有提供稿件的同行及专家致谢, 向《生物技术通报》编辑部致谢, 感谢他们为我国玉米高产研究的成果交流做出的贡献。

## 作者简介

**严建兵**, 教授, 教育部长江学者特聘教授, 国家杰出青年基金获得者。华中农业大学副校长, 作物遗传改良全国重点实验室副主任, 湖北洪山实验室常务副主任。他及他带领的团队, 围绕玉米产业链的上、中、下游开展联合攻关, 在复杂性状的遗传解析, 单细胞等前沿技术开发及应用, 大数据驱动的育种理论、技术和模型, 种质资源创新和新品种培育等方面取得显著进展。在 *Science*, *Nature Genetics*, *Nature Communications*, *Genome Biology*, *Plant Cell*, *Molecular Plant* 等期刊发表论文 100 余篇, 获授权专利 30 多项, 其中多项获得商业转化。目前担任 *Genome Biology*, *Plant Journal*, *Science China Life Science* 等多个学术期刊编委。曾获得日本国际青年农业科学家奖、杜邦青年教授奖、中国青年科技奖、中国侨界贡献奖、刘易斯·斯塔德勒中期职业生涯奖、创新争先奖、国家科技发明二等奖等国内外奖项。

**赵久然**, 研究员, 现任北京市农林科学院玉米首席科学家, 兼任农业农村部玉米专家指导组组长, 中国作物学会副理事长等; 获国家科技进步一等奖 1 项、二等奖 1 项; 省部级科技一等奖多项; 荣获亚太种子协会中国种业卓越贡献、中国种业十大杰出人物等; 带领团队育成国审玉米品种 200 多个, 累计应用 4 亿多亩; 其中京科 968 成为我国当前春播种植面积最大品种, 京科糯 2000 成为我国鲜食玉米累计种植面积最大品种; MC670 由李少昆团队良种良法结合创出亩产 1 663 kg 的我国玉米最高产纪录。主持完成国家重点研发项目及课题等多项; 发表论文 300 多篇, 其中以第一作者或通讯作者(含共同)在 *Nature plants*, *Molecular Plant*, *Nature Genetics* 等国际学术期刊发表论文 30 多篇; 制定标准 10 余项; 获国家发明专利及植物新品种权 200 多项; 入选国家级“新世纪百万人才工程”、全国农业杰出科研人才等; 获全国粮食生产先进工作者、创新争先奖等荣誉; 所带领的创新团队荣获全国农业先进集体称号等。

## 参考文献

- [1] 王宝宝, 王海洋. 理想株型塑造之于玉米耐密改良 [J]. 生物技术通报, 2023, 39 (8): 11-30.  
Wang BB, Wang HY. Molecular design of ideal plant architecture for

high-density tolerance of maize plant [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8): 11-30.

- [2] 王天依, 王荣焕, 王夏青, 等. 玉米矮秆基因与矮秆育种研究 [J]. 生物技术通报, 2023, 39 (8): 43-51.

- Wang TY, Wang RH, Wang XQ, et al. Research in maize dwarf genes and dwarf breeding [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 43-51.
- [3] 石佳鑫, 刘凯, 朱金洁, 等. 基因编辑技术改良玉米株型增加杂交种产量 [J]. *生物技术通报*, 2023, 39 (8) : 62-69.
- Shi JX, Liu K, Zhu JJ, et al. Gene editing reshaping maize plant type for increasing hybrid yield [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 62-69.
- [4] 张勇, 徐田军, 吕天放, 等. 种植密度对夏播玉米茎秆质量和根系表型性状的影响 [J]. *生物技术通报*, 2023, 39 (8) : 70-79.
- Zhang Y, Xu TJ, Lyu TF, et al. Effects of planting density on the stem quality and root phenotypic characters of summer sowing maize [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 70-79.
- [5] 张道磊, 甘雨军, 乐亮, 普莉. 玉米产量性状的表观遗传调控机制和育种应用 [J]. *生物技术通报*, 2023, 39 (8) : 31-42.
- Zhang DL, Gan YJ, Le L, Pu L. Epigenetic regulation of yield-related traits in maize and epibreeding [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 31-42.
- [6] 刘月娥, 徐田军, 蔡万涛, 等. 我国玉米超高产研究现状与展望 [J]. *生物技术通报*, 2023, 39 (8) : 52-61.
- Liu YE, Xu TJ, Cai WT, et al. Current status and prospects of maize super high yield research in China [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 52-61.
- [7] 冷燕, 马晓薇, 陈光, 等. 玉米高产竞赛助力中国玉米种业振兴 [J]. *生物技术通报*, 2023, 39 (8) : 4-10.
- Leng Y, Ma XW, Chen G, et al. High-yield contests in maize facilitate the vitalization of China's seed industry [J]. *Biotechnol Bull*, 2023, 39 (8) : 4-10.