

专题导读：聚焦甘蔗产业关键技术创新，筑牢糖业高质量发展理论基础

阙友雄^{1,2}, 张跃彬³, 李杨瑞⁴

1. 热带作物生物育种全国重点实验室/中国热带农业科学院甘蔗研究中心/中国热带农业科学院热带生物技术研究所, 海南三亚 572024; 2. 福建农林大学农学院/农业农村部福建甘蔗生物学与遗传育种重点实验室, 福建福州 350002; 3. 热带作物生物育种全国重点实验室/云南省农业科学院甘蔗研究所, 云南开远 661600; 4. 广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所/农业农村部广西甘蔗生物技术与遗传改良重点实验室/广西甘蔗遗传改良重点实验室, 广西南宁 530007

Editorial: Focusing on Key Innovations in Sugarcane to Consolidate the Theoretical Basis for High-quality Sugar Industry Development

QUE Youxiong^{1,2}, ZHANG Yuebin³, LI Yangrui⁴

1. State Key Laboratory of Tropical Crop Breeding/Sugarcane Research Center/Institute of Tropical Bioscience and Biotechnology, Chinese Academy of Tropical Agricultural Sciences, Sanya 572024, Hainan; 2. College of Agriculture, Fujian Agriculture and Forestry University/Key Laboratory of Sugarcane Biology and Genetic Breeding, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Fuzhou 350002, Fujian; 3. State Key Laboratory of Tropical Crop Breeding/Sugarcane Research Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kaiyuan 661600, Yunnan; 4. Institute of Sugarcane, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Sugarcane Biotechnology and Genetic Improvement/Guangxi Key Laboratory of Sugarcane Genetic Improvement, Nanning 530007, Guangxi.

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2026.01.001

甘蔗 (*Saccharum* spp.) 作为全球第一大糖料作物和重要的生物质能源原料, 贡献了世界 85% 以上的食糖产量^[1]。我国约 90% 的食糖来源于甘蔗生产, 其产业发展直接关系到国家食糖安全、生物质能源战略实施及南方蔗区乡村振兴^[2]。然而, 我国甘蔗种植区域 80% 以上分布于丘陵山地, 面临地形破碎化、种植规模化程度低、机械化水平不均衡、土壤退化、逆境胁迫频发、品种遗传基础狭窄等多重产业瓶颈, 严重制约甘蔗产业的转型升级与高质量发展。

近年来, 随着基因组学、精准农业、机械化装备等技术的快速发展, 甘蔗科研领域在关键技术攻关、理论创新与成果转化方面取得了一系列突破性进展。为集中展示甘蔗产业核心技术创新成果, 搭建学术交流平台, 推动成果快速应用, 本专题精选刊发 12 篇高质量研究论文, 涵盖种质创新与遗传育种、绿色栽培技术、病虫害绿色防控、分子生物学机制解析和机械化收获优化等核心研究方向, 系统呈现了我国甘蔗科研在“耕-

种-管-收”全链条的最新进展, 为产业可持续发展提供理论与技术支撑。

1 深化种质创新与育种研究, 拓宽遗传基础与品种改良路径

种质资源创新与优良品种选育是破解甘蔗产业瓶颈的核心驱动力, 本专题多篇论文聚焦关键性状遗传机制解析、种质评价与育种技术创新, 形成了系统的研究成果:

(1) 抗逆种质筛选与评价: 俞华先等^[3]以 16 份甘蔗种质为材料, 通过灰色关联度分析, 明确茎粗、有效茎数、株高和纤维素含量是影响抗倒伏能力的关键因子; 采用隶属函数法和聚类分析法, 筛选出云蔗 17501、桂柳 05136 和粤糖 93159 等抗倒伏能力强的种质。周珊等^[4]以 13 份斑割复合体杂交后代为材料, 通过苗期轻度和重度干旱胁迫处理, 测定不同生理指标; 采用抗旱系数、隶属函数值及综合评价值 (*D* 值) 筛选出 AS08-2-28 等 7 个抗旱性显著优于对照品种 ROC22 的种质,

为抗旱育种提供优质材料基础。

(2) 高产高糖种质创新: 孔春艳等^[5]以 15 份云蔗型创新种质为材料, 在 1 a 新植 1 a 宿根条件下测定 9 个关键农艺性状; 通过主成分分析, 提取出代表产量结构、糖分品质和茎数特征的 3 个主成分; 筛选出云蔗 2018-124、云蔗 2018-95 等综合性状优异的高产高糖种质, 其中云蔗 2018-124 在产量和品质指标上表现突出, 具备作为育种骨干亲本的潜力。

(3) 育种技术与配合力分析: 唐思琪等^[6]对 71 个甘蔗杂交组合的 6 个关键农艺性状进行遗传变异分析; 通过配合力分析发现产量的加性遗传效应主要由父本主导; 筛选出 HoCP05-902 等优良父本和桂糖 94-119 等优良母本, 以及 CP72-1210 × 桂糖 96-211 等兼具高产高糖特性的核心组合。杨俊朋等^[7]采用家系评价技术, 对 86 个杂交组合的产量、糖分、病虫害抗性性状进行连续多年调查; 通过相关性、主成分与聚类分析, 筛选出 LCP85-384 × 粤糖 94-128 等综合表现优良的组合及母本桂糖 04-1545、父本 XTT22 等核心亲本, 为定向选育提供科学依据。

这些研究系统解析了甘蔗抗逆、高产、高糖等关键性状的遗传规律, 丰富了种质资源库, 优化了育种技术体系, 为甘蔗品种改良提供重要支撑。

2 优化绿色栽培技术体系, 提升资源利用效率与田块生产力

针对蔗田土壤酸化、有机质衰减、养分利用效率偏低等问题, 本专题相关研究构建了一系列绿色高效栽培技术方案:

(1) 土壤改良: 林兆里等^[8]通过 3 a 桶栽试验, 系统探究了滤泥、蔗渣灰、蔗叶和蔗渣 4 种有机物料还田对土壤理化性质、微生物群落及甘蔗生长的影响。其中, 滤泥可持续提升土壤 pH、总有机碳、碱解氮和有效磷含量, 长期优化深层土壤结构, 3 a 总产量显著提升, 是兼具土壤改良、微生物多样性提升与增产增糖的最优物料; 蔗渣灰在提升速效钾含量和保水性方面效果突出; 蔗叶还田宜配施氮肥; 蔗渣则需腐解预处理。该研究结果为甘蔗有机物料精准还田及红壤区耕地可持续管理提供理论支撑。

(2) 养分高效利用: 饶席兵等^[9]以磷高效型热带种 48 Mouna、Loether 和磷低效型热带种 NC20、Badila 为材料, 在低磷和正常磷条件下,

系统分析根系形态与生理响应特性, 研究发现磷高效型品种 Loether 的株高、茎干质量及整株生物量受低磷胁迫影响最小, 通过增加总根长、根系表面积和根体积, 提升根冠比、根系活力及获磷能力适应低磷环境。该研究结果为磷高效品种选育与养分管理提供理论依据。

(3) 病虫害绿色防控: 彭李顺等^[10]通过 2 a 田间试验, 比较了膜下滴灌施药、无人机喷药和常规根施药对甘蔗螟虫、蓟马和绵蚜的防治效果及脱毒原种苗繁育效率。结果表明, 膜下滴灌施药处理对螟虫枯心苗率防效达 76% 以上, 螟害节率和螟害芽率防效均超 82%, 有效芽数达 138.71×10^4 个/hm², 净收益增幅 3.13 万元/hm², 投入产出比达 1:32.65, 显著优于其他处理。该研究结果为脱毒原种苗繁育提供经济高效的虫害防治方案。

3 解析分子生物学机制, 奠定理论基础

分子生物学技术的突破为甘蔗遗传改良提供新路径, 本专题收录的研究覆盖基因克隆、功能解析与表达调控等多个维度:

(1) 生长发育调控机制: 陈荣发等^[11]从甘蔗品种桂糖 42 号中克隆获得 *ScGID2* 基因, 该基因含保守 F-box 结构域, 与高粱、玉米等禾本科植物 *GID2* 同源性达 88.75% 以上, 主要定位于细胞核; 表达模式分析显示 *ScGID2* 在茎尖表达量最高, 长节间品种的表达峰值显著高于短节间品种, 赤霉素处理可诱导其表达, 通过调控 DELLA 蛋白降解促进节间伸长; 该研究结果为甘蔗株高改良提供了潜在分子靶点。王郑等^[12]从割手密全基因组中鉴定出 12 个 *SsPIFs* 基因, 编码氨基酸数量 435~765 个, 均含 bHLH 和 APB 保守结构域, *SsPIF3* 亚组特有 APA 结构域; 组织表达分析显示, 其在叶中表达量显著高于其他部位, 且能响应生长素、茉莉酸和赤霉素等多种激素。该研究结果为解析割手密生长发育及激素信号调控机制奠定基础。

(2) 逆境响应机制: 孙欣路等^[13]从甘蔗近缘野生种割手密中鉴定获得 50 个 *SsGLY I* 基因和 52 个 *SsGLY II* 基因, 随机分布于 30 条染色体上; 共线性分析识别出 41 对共线基因且主要受纯化选择; 在黑穗病菌侵染下, *SsGLY I* 亚家族 V 和 *SsGLY II* 亚家族 III 表达量显著升高; 从粤糖 93-159 中克隆的同源基因 *ScGLY I-1* 呈组成型表

达，受水杨酸及黑穗病菌胁迫诱导上调。该研究结果为抗逆基因挖掘提供重要线索。

以上研究结果深化了甘蔗生长发育与逆境响应的分子机制认知，推动甘蔗育种从传统经验育种向精准设计育种转型。

4 突破丘陵山地机械化瓶颈，构建高效低碳收获技术体系

我国丘陵蔗区地形破碎、坡度异质性显著，叠加传统窄行密植模式，导致传统联合收割机作业效率不高，且易造成宿根蔗蔸损伤，缩短宿根栽培年限^[14-15]。针对这一产业痛点，艾静等^[16]以云南耿马蔗区为研究区域，基于 2023/2024、2024/2025 榨季实例，系统比较了“联合机收”“传统人工”“委托加工”和“毛蔗交售”4 种收获模式的经济效益与原料质量差异。研究明确了分步式机收的“委托加工”模式优势显著，可使蔗农净收益从传统人工的 318.00 元/t 提升至 365.00 元/t，同时收获成本大幅降低；研究还揭示了收获时间是影响原料含杂率的主导因素，提出在 1 月后甘蔗充分成熟的窗口期作业，可使含杂率显著下降。这一发现为分步式机收技术提供精准作业时间表，为破解丘陵山地机械化难题提供科学依据。

5 展望：聚焦产业需求，推动技术集成与创新应用

当前，甘蔗产业正处于转型升级的关键时期，保障食糖安全、提升产业竞争力、实现绿色可持续发展是核心任务。本专题刊发的研究成果围绕产业核心痛点，在种质创新、栽培管理、分子生物学、机械化收获等领域形成了一系列突破，但仍需在以下方面持续发力：一是强化多学科交叉融合，推动农机与农艺、常规育种与分子育种、栽培管理与土壤改良的深度协同，破解技术碎片化问题；二是拓展研究广度与深度，加强不同生态蔗区适应性研究，深化关键性状的分子调控网络解析，挖掘更多具有重大育种价值的基因资源；三是加速科技成果转化，建立“科研-示范-推广”一体化机制，结合数字化、智能化技术，开发简便易行的技术规程与装备，促进新品种快速落地应用；四是完善产业协同机制，协调蔗农、糖厂等多方利益，建立科学的质量评价标准与利益分配体系，保障技术推广的公平性与可持续性。

期望本专题的刊发能够为甘蔗科研工作者、育种家、生产者提供交流平台，推动行业技术创新与成果共享，助力培育更多高产、高糖、抗逆、适宜机械化的优良品种，构建绿色高效、低碳环保的甘蔗产业技术体系，为我国糖业高质量可持续发展提供坚实基础。

参考文献

- [1] 周一帆, 杨林生, 孟博, 战健, 邓燕. 中国甘蔗主产区产量差及影响因素分析[J]. 中国农业科学, 2021, 54(11): 2377-2388.
ZHOU Y F, YANG L S, MENG B, ZHAN J, DENG Y. Analysis of yield gaps and limiting factors in China's main sugarcane production areas[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(11): 2377-2388. (in Chinese)
- [2] 张跃彬, 邓军, 胡朝晖. “十三五”我国蔗糖产业现状及“十四五”发展趋势[J]. 中国糖料, 2022, 44 (1): 71-76.
ZHANG Y B, DENG J, HU Z H. The 13th Five-Year Plan of cane sugar industry in China and development trend of the 14th Five-Year Plan[J]. Sugar Crops of China, 2022, 44(1): 71-76. (in Chinese)
- [3] 俞华先, 刀静梅, 安汝东, 刘家勇, 桃联安, 赵丽萍, 曾逢刚, 张钰, 郎荣斌, 边芯, 刘新龙, 赵培方, 冉茂勇. 甘蔗种质材料的抗倒伏能力研究及其综合评价[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 96-107.
YU H X, DAO J M, AN R D, LIU J Y, TAO L A, ZHAO L P, ZAN F G, ZHANG Y, LANG R B, BIAN X, LIU X L, ZHAO P F, RAN M Y. Lodging resistance and comprehensive evaluation of sugarcane germplasm materials[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 96-107. (in Chinese)
- [4] 周珊, 黄玉新, 张革民, 段维兴, 杨翠芳, 周忠凤, 高轶静, 李傲梅, 李杨瑞, 张保青. 斑割复合体杂交后代的耐旱生理特性及耐旱种质筛选[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 76-85.
ZHOU S, HUANG Y X, ZHANG G M, DUAN W X, YANG C F, ZHOU Z F, GAO Y J, LI A M, LI Y R, ZHANG B Q. Screening of drought-tolerant germplasm of intergeneric hybrid *Erianthus arundinaceus*×*Saccharum spontaneum* L. offspring based on dynamic responses of physiological indicators[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 76-85. (in Chinese)
- [5] 孔春艳, 毛钧, 林秀琴, 徐超华, 李旭娟, 刘洪博, 陆鑫. 云蔗创新种质关键农艺性状综合评价[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 56-66.
KONG C Y, MAO J, LIN X Q, XU C H, LI X J, LIU H B, LU X. Comprehensive evaluation of key agronomic traits in Yunzhe innovative sugarcane germplasm[J]. Chinese Journal

- of Tropical Crops, 2026, 47(1): 56-66. (in Chinese)
- [6] 唐思琪, 刘家勇, 赵培方, 咎逢刚, 姚丽, 赵丽萍. 甘蔗 71 个杂交组合的配合力分析与优质亲本筛选[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 67-75.
- TANG S Q, LIU J Y, ZHAO P F, ZAN F G, YAO L, ZHAO L P. Combining ability analysis of 71 sugarcane hybrid combinations and the screening of key parental lines[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 67-75. (in Chinese)
- [7] 杨俊朋, 凌琪龙, 覃祖锋, 庞飞扬, 唐宇, 黄晓莹, 王勤南, 吴才文, 暴怡雪, 余凡, 张木清. 甘蔗不同亲本杂交组合的表型评价与比较分析[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 43-55.
- YANG J P, LING Q L, QIN Z F, PANG F Y, TANG Y, HUANG X Y, WANG Q N, WU C W, BAO Y X, YU F, ZHANG M Q. Phenotypic evaluation and comparative analysis of hybrid combinations from different sugarcane parents[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 43-55. (in Chinese)
- [8] 林兆里, 孔冉, 姚俊丽, 高世武, 李诗燕, 张华, 罗俊. 甘蔗有机物料还田对土壤理化、微生物及甘蔗生长的影响[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 108-123.
- LIN Z L, KONG R, YAO J L, GAO S W, LI S Y, ZHANG H, LUO J. Effect of sugarcane organic material returning to the field on soil physicochemical properties, microbial activity and sugarcane growth[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 108-123. (in Chinese)
- [9] 饶席兵, 杨丽华, 刀静梅, 唐思琪, 韦彩艳, 赵丽萍. 甘蔗热带种不同基因型对低磷胁迫的响应特征[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 86-95.
- RAO X B, YANG L H, DAO J M, TANG S Q, WEI C Y, ZHAO L P. Response characteristics of different *Saccharum officinarum* L. genotypes to low-phosphorus stress[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 86-95. (in Chinese)
- [10] 彭李顺, 谭贤教, 曹峥英, 甘仪梅, 蔡文伟. 膜下滴灌施药对甘蔗脱毒原种苗繁育效率及地上害虫防效的影响[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 124-133.
- PENG L S, TAN X J, CAO Z Y, GAN Y M, CAI W W. Effects of pesticide application via under-mulch drip irrigation on propagation efficiency of disease-free sugarcane original seedlings and control efficacy against above ground pests[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 124-133. (in Chinese)
- [11] 陈荣发, 梁序昭, 赖振光, 邓宇驰, 吴宗猛, 文俊丽, 周忠凤, 李燕娇, 吴期滨, 范业庚, 吴建明. 甘蔗 *ScGID2* 基因的克隆鉴定及其在赤霉素信号转导中的表达调控模式分析[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 5-16.
- CHEN R F, LIANG X Z, LAI Z G, DENG Y C, WU Z M, WEN J L, ZHOU Z F, LI Y J, WU Q B, FAN Y G, WU J M. Cloning and characterization of gibberellin signal transduction gene *ScGID2* from sugarcane and its expression analysis in response to GA signaling[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 5-16. (in Chinese)
- [12] 王郑, 王文治, 王鹏, 孙婷婷, 熊国如, 张树珍, 何美丹, 沈林波. 甘蔗野生种割手密的 PIF 基因家族鉴定与表达分析[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 32-42.
- WANG Z, WANG W Z, WANG P, SUN T T, XIONG G R, ZHANG S Z, HE M D, SHEN L B. Identification and expression analysis of the PIF gene family in wild *Saccharum spontaneum* L.[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 32-42. (in Chinese)
- [13] 孙欣路, 林佩霞, 崔世江, 李振香, 王东姣, 张媛媛, 曾真, 阙友雄, 吴期滨, 赵婉莹. 甘蔗 GLY 基因家族的鉴定及 *GLYI-1* 基因的功能分析[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 17-31.
- SUN X L, LIN P X, CUI S J, LI Z X, WANG D J, ZHANG Y Y, ZENG Z, QUE Y X, WU Q B, ZHAO W Y. Genome-wide identification of the GLY gene family and functional characterization of the *GLYI-1* gene in sugarcane[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 17-31. (in Chinese)
- [14] 胡朝晖. 浅析我国甘蔗生产全程机械化的困境与前景[J]. 甘蔗糖业, 2020(3): 7-13.
- HU Z H. Difficulties and prospects of sugarcane production mechanization in China[J]. Sugarcane and Canesugar, 2020(3): 7-13. (in Chinese)
- [15] 甘蔗专业组. 甘蔗生产全程机械化发展报告[Z]. 2023 农作物生产全程机械化发展报告汇编, 北京: 农业农村部农作物生产全程机械化专家指导组, 2023: 141-178.
- Sugarcane Professional Group. Development report on whole-process mechanization for sugarcane production[Z]. Compilation of development reports on Whole-Process Mechanization of Crop Production 2023, Beijing: Crop Whole-Process Mechanization Expert Guidance Group, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, 2023: 141-178. (in Chinese)
- [16] 艾静, 李宝, 王禹童, 易湘艳, 刀静梅, 赵勇, 李红军, 杨绍聪, 邓军, 张跃彬. 丘陵山地甘蔗分步式机收质量及其经济效益分析[J]. 热带作物学报, 2026, 47(1): 134-144.
- AI J, LI B, WANG Y T, YI X Y, DAO J M, ZHAO Y, LI H J, YANG S C, DENG J, ZHANG Y B. Analysis of feasibility and economic benefits of separate mechanical harvesting for sugarcane[J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2026, 47(1): 134-144. (in Chinese)