

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20250808008

# 现代向日葵产业与技术发展

梁晨 李素萍 郭树春 刘昌容 邵盈

(内蒙古自治区农牧业科学院作物科学研究所,呼和浩特 010031)

**摘要:**向日葵是全球重要的油料作物之一,广泛种植于欧洲、亚洲和美洲地区,其种植面积和产量持续增长,2023年全球总产量达5857.49万t,中国产量达300万t,同比增长显著。近年来,向日葵产业在种植、加工、贸易及技术研发等方面均取得了显著发展,分子标记辅助育种、CRISPR基因编辑、智能灌溉和无人机遥感等技术的应用显著提升了向日葵的产量、含油率和抗病性等。然而,产业仍面临育种周期长、精准农业推广不足、品种保护薄弱等挑战。未来,通过整合基因编辑、精准农业及深加工技术,优化产业链布局,向日葵产业有望实现高效可持续发展。中国作为向日葵的主要生产国,是全球向日葵生产与消费的重要参与者,在全球产业格局中呈现出“区域性大国”的显著特征。基于近3年的向日葵产业数据和研究进展,综述了向日葵生产现状、技术研发进展及市场动态,并提出相应发展建议,以促进产业升级。

**关键词:**向日葵;产业发展;技术发展

## Modern Sunflower Industry and Technological Advancement

LIANG Chen, LI Suping, GUO Shuchun, LIU Changrong, SHAO Ying

(Institute of Crop Sciences, Inner Mongolia Academy of Agricultural &amp; Animal Husbandry Sciences, Huhhot 010031)

向日葵(*Helianthus annuus* L.)作为兼具经济价值与生态效益的重要油料作物,在全球农业格局中占据重要地位,是世界第四大油料作物<sup>[1]</sup>。随着生物技术革新与智慧农业的深度融合,现代向日葵产业正经历着从传统生产向高科技产业体系的转型。近年来,全球向日葵种植面积稳定在2700万hm<sup>2</sup>左右,年产量突破5500万t<sup>[2]</sup>,在我国油料作物中的种植面积和产量仅次于大豆、花生和油菜<sup>[2-3]</sup>。育种新技术更是层出不穷,其中分子标记辅助育种技术使新品种选育周期缩短40%<sup>[4]</sup>,含油率提升至55%以上的高油酸品种增加,可实现商业化种植<sup>[5]</sup>,智能灌溉系统的应用可减少水资源浪费,效率提升约28%~35%<sup>[6]</sup>,而基于无人机遥感的病虫害预警体系将农药使用量降低30%~60%<sup>[7]</sup>。本文梳理了向日葵研究进展及精准农业技术的应用现状,分析了CRISPR基因编辑等技术在抗病性状改良中的突破

性应用<sup>[8]</sup>,以及向日葵全产业链中的实践案例,旨在为向日葵产业升级提供多方面的技术整合视角,希望通过持续的技术创新和市场开拓,助力向日葵产业可持续发展。

### 1 向日葵生产现状与区域分布

**1.1 全球生产概况** 向日葵是世界重要的经济作物,在全球多地都有广泛种植。2023年世界向日葵总产量5857.49万t,同比增长10.31%,单位面积产量1942.8kg/hm<sup>2</sup>,收获面积达3014.9万hm<sup>2</sup>。向日葵种植主要集中在欧洲、亚洲和美洲国家,如俄罗斯联邦、乌克兰、阿根廷、中国、土耳其、保加利亚、匈牙利、罗马尼亚、法国、哈萨克斯坦、西班牙等国家。我国向日葵2023年总产量已达300万t(图1),同比增长72.4%,单位面积产量达到3000kg/hm<sup>2</sup>,收获面积达100万hm<sup>2</sup><sup>[2]</sup>(截至目前,FAO中2024年相关数据仍未公布,故使用2023年官方数据)。

**1.2 我国生产布局** 我国向日葵的种植面积保持在67万~80万hm<sup>2</sup>,其中内蒙古地区的种植面积尤为突出,约占全国总面积的50%,年种植面积达

基金项目:农业农村部国家向日葵联合育种攻关项目(YZ2023001);内蒙古自治区“揭榜挂帅”项目(2022JBGS0034)

通信作者:李素萍

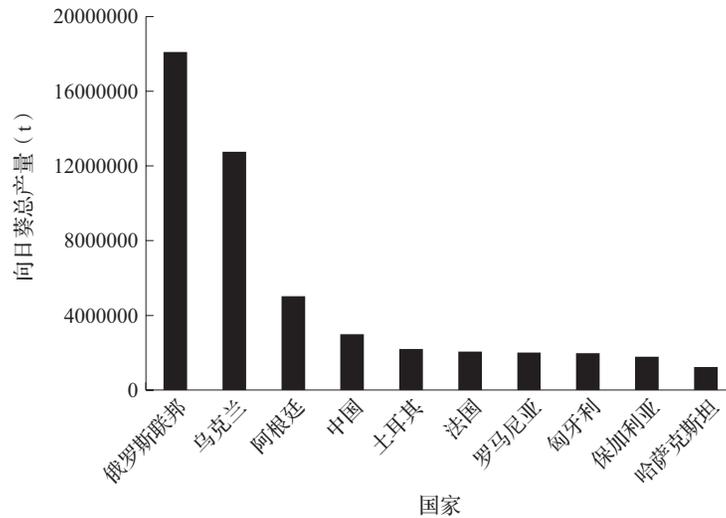


图1 世界向日葵主产国总产量对比

到 56 万~66 万  $\text{hm}^2$ , 稳坐全国向日葵种植的头把交椅<sup>[9]</sup>。此外,新疆、甘肃、河北、吉林、山西等地也是向日葵的重要产区。内蒙古作为向日葵种植的重地,其内部的种植分布也颇具特色。例如,巴彦淖尔市作为内蒙古向日葵种植的核心区域之一,种植面积每年稳定在 26.67 万  $\text{hm}^2$ , 拥有 7 个向日葵农业标准化科技示范园区,其中核心示范面积 8.70 万  $\text{hm}^2$ , 辐射带动面积达 8.00 万  $\text{hm}^2$ , 该市不仅种植面积广阔,而且在向日葵的机械化耕作、施肥、除草以及收获技术方面也取得了显著成效,提高了生产效率和经济效益<sup>[10]</sup>。除了内蒙古地区外,新疆、甘肃、黑龙江等地的向日葵产业也呈现稳步发展趋势。各地结合气候、土壤条件及市场需求,优化品种选择,推广机械化、集约化种植模式,提高产量和经济效益。如新疆地区地广人稀,适合大型农机作业,向日葵联合收获机普及率较高,同时因干旱少雨推广膜下滴灌,提高水分利用率,从而提升产量<sup>[11-12]</sup>。

2024 年内蒙古自治区农牧业科学院作为首席单位与内蒙古农业大学、西北农林科技大学、三瑞农业科技股份有限公司合作共同研究并完成自治

区“揭榜挂帅”项目——向日葵种质资源创新与新品种选育和国家向日葵联合育种攻关项目;国家特色油料产业技术体系“向日葵机械化”岗位与内蒙古杭锦后旗大博农机制造有限责任公司、内蒙古宏昌机械制造有限公司等合作,研究与示范推广向日葵全程机械化生产技术与装备。在巴彦淖尔市五原县新公镇、乌拉特前旗新安镇示范推广科阳 1 号、LJ363、HZ2399,通过适期播种、扩行降密、高效施肥、蜜蜂辅助授粉、插盘晾晒、盐碱地食用向日葵滴灌压盐机械化精量播种技术、盐碱地食用向日葵机械化中耕施肥除草技术,建立核心示范区 2 个,面积共 88 $\text{hm}^2$ ,辐射面积 906 $\text{hm}^2$ ,增收达 489 万元。

## 2 向日葵产业市场贸易动态

**2.1 国际贸易方面** 2023 年世界向日葵进口贸易数量约为 640 万 t (表 1), 同比减少 21.4%, 进口贸易价值达 58 亿美元, 同比减少 24.1%; 出口贸易数量约为 620 万 t, 同比减少 25.3%, 出口价值达 53 亿美元, 同比减少 22.1%; 年度贸易总量约 1260 万 t, 同比减少 23.5%。2023 年总贸易价值约 111 亿美元, 虽对比 2022 年有所减少, 但仍然体现出世界各国对

表 1 2020-2023 年世界向日葵进出口贸易量及价值对比

项目	年份			
	2020	2021	2022	2023
进口数量(t)	7020938.24	5312220.89	8151187.67	6403668.06
进口价值(美元)	5041153000	5100370000	7695878000	5841881000
出口数量(t)	6947314.51	5015471.38	8306824.15	6203547.61
出口价值(美元)	4708210000	4710655000	6824819000	5317782000

数据来源:联合国粮食及农业组织(<https://www.fao.org/faostat/zh/#data/QCL>),下同

不同种向日葵的需求。向日葵作为重要的经济作物和油料作物之一,在国际贸易市场依然活跃,其价值和地位不可忽视<sup>[2]</sup>。

**2.2 国内贸易方面** 2023年我国向日葵进口贸易数量约为28万t(表2),同比增加42.2%,进口价

值达2亿美元,同比增加60.7%;出口贸易数量约为46万t,同比增加4.0%,出口价值约8亿美元,同比增加21.9%。2023年贸易总量约74万t,总贸易价值达10亿美元。主要贸易伙伴包括罗马尼亚、土耳其等国<sup>[2]</sup>。

表2 2020-2023年中国向日葵进出口贸易量及价值对比

项目	年份			
	2020	2021	2022	2023
进口数量(t)	185856.99	115336.58	200188.57	284576.85
进口价值(美元)	87307000	89549000	126511000	203280000
出口数量(t)	508016.49	426984.90	444834.31	462754.11
出口价值(美元)	648463000	586168000	679287000	828368000

综上所述,在全球向日葵贸易市场走低时,我国向日葵市场前景良好,进出口都呈增长趋势,体现出我国对向日葵品种多样性的需求,对优质向日葵品种的追求,以及全球范围对我国向日葵品种的认可。

**2.3 国际向日葵产业市场概况** 向日葵国际加工领域主要涉及向日葵的收获、加工及销售等环节,随着技术的进步和市场需求的不断增长,向日葵国际加工领域在近年来取得了显著的发展。向日葵的种子可以被加工成各种产品,包括食用油、饲料、化妆品原料等<sup>[13-14]</sup>。加工技术的进步不仅提高了产品的质量和安全性,还降低了生产成本。随着消费者对健康食品和天然产品的追求,向日葵产品的市场需求持续增长。葵花籽油作为一种健康食用油,受到了越来越多消费者的青睐。同时,葵花籽油被广泛用于制作护肤品和化妆品,向日葵在化妆品行业中的应用也越来越广泛。向日葵世界加工领域的发展也带动了相关产业链的发展,如包装、物流、销售等,为当地经济的发展作出了贡献。欧盟自2021年起已强制应用区块链技术进行农产品溯源,典型案例:IBM Food Trus等平台实现原料全程追溯<sup>[15]</sup>,从农场到货架全程数据上链,亦可用于追踪向日葵油的原料来源、加工过程、运输环节,确保非转基因、有机认证的真实性;Hyperledger Fabric系统监控加工参数<sup>[16]</sup>,实时记录压榨温度、精炼工艺参数,消费者扫码可获取全流程质量数据;智能合约技术验证有机认证<sup>[17]</sup>,市场假冒产品率有效下降。向日葵世界加工领域取得了显著的进步,未来随着科技的进一步

发展和市场需求的扩大,该领域有望实现更加可持续和高效的发展。

**2.4 国内向日葵产业市场概况** 近年来,随着我国经济的持续增长,人民生活水平的不断提高,食品消费市场呈现出多元化、高端化的趋势。向日葵作为一种营养价值丰富的油料作物,其市场需求逐年上升。在国际市场上,我国向日葵产业也表现出较强的竞争力。一方面,我国向日葵种植区域广泛,气候条件适宜,有利于提高产量和品质;另一方面,政府高度重视农业科技创新,推动向日葵品种改良和种植技术提升,使得我国向日葵产业在国际市场中的地位不断提升<sup>[18]</sup>。此外,随着全球对健康饮食的关注度提高,富含不饱和脂肪酸的葵花籽油越来越受到消费者的青睐。

**2.5 国内向日葵加工产业瓶颈** 国内向日葵加工消费领域仍存在显著的发展瓶颈<sup>[19]</sup>,首先产业链延伸度不足,高附加值产品开发滞后。当前加工环节仍以初级产品为主,缺乏精深加工技术体系支撑,在营养强化型食用油、蛋白提取物、生物活性物质等高价值衍生产品的研发与产业化方面落后于国际先进水平。其次是品牌化建设与市场培育存在结构性缺陷。除洽洽、三胖蛋等头部品牌外,主产区大量优质产品陷入“地域性品牌陷阱”,即尽管产品品质达到行业领先水平,但由于品牌战略缺失、营销渠道固化、数字化推广能力薄弱,导致市场渗透率低下。这种优质不优价的市场失灵现象,不仅制约了产业价值的提升,更形成了“低端锁定”的恶性循环,最终影响整个产业链的转型升级进程。

### 3 技术研发进展

**3.1 国际向日葵技术研发进展** Mamyrbayev 等<sup>[20]</sup> 开发了一种用于提高播前脉冲激光辐照种子的有效性以增加向日葵产量的生物技术系统; Tibamanya 等<sup>[21]</sup> 提出了用零观测值的方法提升小农户向日葵种植户的技术效率; Kutateladze 等<sup>[22]</sup> 研究了一种新型检测技术鉴定葵花籽油。

对于向日葵来说,向日葵病害是导致产量下降的主要因素,如菌核病、霜霉病,每年导致全球约 15% 的产量损失<sup>[23]</sup>。CRISPR-Cas9 技术通过精准编辑抗病相关基因,实现了传统育种难以达到的性状改良效率。例如,靶向编辑抗病基因: Wang 等<sup>[8]</sup> 通过敲除向日葵 *HaMLO* 基因(感病基因),使白粉病抗性提升 80%,且不影响农艺性状; Lebedeva 等<sup>[24]</sup> 利用 CRISPR / Cas9 编辑技术对向日葵基因 *HaNSP1a* 进行靶向修饰,通过影响向日葵根系中独脚金内酯(独脚金内酯是诱导列当种子萌发的植物激素)的合成,从而提升向日葵对列当的抗性; 多重基因编辑: Perez-Garcia 等<sup>[25]</sup> 同时编辑 NBS-LRR 类抗病基因和激素信号通路基因 *JAZ1*, 显著提升对锈病和菌核病的复合抗性。

**3.2 国内向日葵技术创新** Wang 等<sup>[26]</sup> 研究出了向日葵花粉辐射诱导孤雌生殖产生双单倍体,缩短育种周期来培育大量自交系和提高遗传增益率的方法; 蔺方瑞等<sup>[27]</sup> 研究了种子处理优化方案提高萌发效果和幼苗质量,从而提升农业生产效率和经济效益; 郭辉等<sup>[28]</sup> 设计了一种适用于油葵联合收获机的清选损失监测装置,该装置的最大监测误差为 9.09%,为油葵联合收获机清选系统优化提供了理论依据。闫宁宁等<sup>[29]</sup> 重点解析了向日葵抵抗列当的生理、生化和分子机制,提出了“基因—田间—生态”三级防控体系,为实际生产提供参考。

此外,除去这些新技术、新成果,全球范围内为提升向日葵生产效率和质量,逐渐采用精准农业技术的应用实现对种植过程的精细化管理,随着全球气候变暖,精准农业技术能够帮助种植者更好地应对极端天气事件,在适宜的气候条件下安排农作物生长周期。

### 4 产业挑战与建议

**4.1 主要挑战** 纵观整个向日葵产业,普遍面临着一系列问题与瓶颈,其中新品种选育工作困难重重,

不仅育种周期漫长,而且很难选育出既契合市场需求又符合大众喜好的品种。此外,尽管各个领域的新技术层出不穷,但在向日葵育种环节,大量技术却难以落地应用,无法投入实际生产并推广至大面积种植当中。

从全球实践案例来看,向日葵种植过程中实施精细化管理成效明显,例如,借助卫星定位、无人机监测以及智能农机设备等先进技术手段,能够实时监测土壤状况和作物生长态势,进而依据监测结果及时调整农业操作策略,但这种精细化管理模式需要较大的资金投入,在大多数地区难以推广普及。除了育种和种植环节面临的挑战外,向日葵品种登记以及知识产权保护方面同样也存在突出问题,曾因保护体系不完善导致品种流失<sup>[30]</sup>,尽管随着新修订《植物新品种保护条例》的实施及“仿种子”清理专项行动的推进,该问题已得到遏制,但行业整体的知识产权保护与监管仍是一项长期而艰巨的任务。

**4.2 发展建议** 我国向日葵产业发展仍面临系统性挑战,主要表现在生产技术体系现代化程度不足、病虫害综合防控能力薄弱、品种遗传基础狭窄、产业链价值挖掘不充分以及市场运行机制不健全等关键维度。这种多层次的产业发展瓶颈,亟需构建“政产学研用”协同创新体系加以突破。建议通过农业技术推广体系革新,加速现代种植技术(包括水肥精准调控、病虫害绿色防控等)的示范应用,同时推进分子设计育种与传统育种技术的深度融合,培育兼具抗逆性和品质优势的多样化品种。

在产业链延伸方面,应重点支持精深加工技术创新中心建设,开发高附加值衍生产品,并通过数字化营销体系建设破除区域品牌发展壁垒。政策层面需完善包含品种权保护、质量追溯、市场预警等在内的制度供给,特别要建立覆盖全产业链的大数据服务平台,实现从种质创新到消费终端的价值闭环。唯有通过技术创新、制度创新和商业模式创新的三维联动,方能推动向日葵产业向高质量、高效益、可持续方向发展。

### 5 未来展望

在全球农业科技革命与消费升级的双重驱动下,向日葵产业正迎来前所未有的转型机遇。随着 CRISPR-Cas9 基因编辑技术与智能农业装备的深度融合,产业将加速向“三高”(高产、高效、高附加

值)方向发展。特别是在抗逆性品种选育方面,通过多基因协同编辑技术的突破,有望在未来3~5年内实现抗病虫害、抗倒伏新品种的商业化应用,从而显著提升种植效益。

从市场需求维度来看,高油酸向日葵产品拥有广阔的市场空间。就我国向日葵产业而言,2025-2026年将进入提质增效的关键阶段。一方面,随着分子设计育种技术的推广应用,品种单一化问题有望得到缓解,新品种的区域适应性将显著提升;另一方面,基于物联网的精准农艺管理系统在内蒙古等主产区的示范推广,将有效解决出苗率、结实率等关键技术瓶颈。预计到2025年,全国向日葵单产水平有望提升15%~20%,品质达标率将突破90%。

在加工领域,产业链延伸与价值提升将成为发展主线。除传统葵花籽油外,富含 $\alpha$ -生育酚的功能性油脂、葵花蛋白肽等高端产品的产业化进程将明显加快。数字化技术的深度应用,如区块链溯源系统、智能分级加工装备的普及,将推动加工环节向智能化、标准化方向转型升级。可以预见,通过全产业链的协同创新,向日葵产业必将实现从传统农产品到高值化健康食品的跨越式发展,为乡村振兴和农业现代化注入新的动能。

#### 参考文献

- [1] 郭树春,李素萍,孙瑞芬,于海峰,聂惠,温馨雨,王海霞,李丽君,牟英男,乔慧蕾,梁晨,张勇,张晓蒙,苗红梅,张艳芳. 世界及我国向日葵产业发展总体情况分析. 中国种业, 2021 ( 7 ): 10-13
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sunflower statistics. [2025-08-08]. <https://www.fao.org/faostat/zh/#data/QCL>
- [3] 国家统计局. 中国统计年鉴 2023. 北京: 中国统计出版社, 2023
- [4] Smith J R, Jones A B, Brown C D. Advances in marker-assisted breeding for sunflower (*Helianthus annuus* L.) improvement. Theoretical and Applied Genetics, 2021, 134 ( 8 ): 2453-2465
- [5] Guo Q, Li Z Y, Huang X G, Cui H F, Gu F Y, Masarina, Karim G, Ismail I, Dilshoda S, Wang Q. Characterization and comparative analysis of edible and oilseed sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties: implications for molecular breeding and industrial utilization. Foods, 2025, 14 ( 14 ), 2812
- [6] 张伟,李强,王磊. 基于物联网的智能灌溉系统对水资源利用效率的影响研究. 农业水利与灌溉技术, 2022, 15 ( 3 ): 45-52
- [7] Zhang C, Kovacs J M. Agricultural drones: a tool for sustainable pest management. Agronomy, 2022, 12 ( 2 ): 304
- [8] Wang L, Garcia M, Rossi V. CRISPR-Cas9-mediated editing of disease resistance genes in sunflower. Frontiers in Plant Science, 2023, 14: 1125890
- [9] 白雪,李丽君,张继安,刘羽,段慧. 内蒙古自治区向日葵生产现状及对策. 中国农技推广, 2025 ( 2 ): 6-8
- [10] 王晓敏,贺生智,仲莉恩. 巴彦淖尔市向日葵产业全产业链发展现状分析. 山西农经, 2025 ( 8 ): 111-113
- [11] 景彦强. 北疆膜下滴灌春油菜适宜土壤水分下限研究. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2024
- [12] 赵长延,李建斌,单维东,邓庭和,段维,柳延涛. 食用型向日葵栽培技术与产量提升方法研究. 黑龙江农业科学, 2024 ( 9 ): 124-128
- [13] Gromadzka J, Wardencki W. Trends in edible vegetable oils analysis. part B: application of modern analytical techniques. Polish Journal of Food & Nutrition Sciences, 2011, 61 ( 2 ): 88-99
- [14] Salah L, Ashiq H, Emaan S, Fozia B, Muhammad Z, Ayesha N, Nabeela Z, Sherouk H S, Abdelaziz E D, Kaoutar E. Nutritional, pharmaceutical, and health benefits of sunflower seeds (*Helianthus annuus* L.): a comprehensive review of food applications. Food and Humanity, 2025, 5: 100641-100641
- [15] Ashkan P, Sina A K, Karin H. Blockchain technology characteristics essential for the agri-food sector: a systematic review. Food Control, 2024, 165, 110661
- [16] Tian F. A framework for food supply chain traceability using Hyperledger Fabric and QR codes. Journal of Food Engineering, 2020, 278: 110242
- [17] Andreas K, Agustí F, Francesc X. The rise of blockchain technology in agriculture and food supply Chains. Trends in Food Science & Technology, 2019, 91: 640-652
- [18] 中国农业科学院油料作物研究所. 中国向日葵产业发展报告 2022. 北京: 中国农业出版社, 2022
- [19] 张立新,李华. 我国向日葵深加工产业瓶颈分析. 中国油脂, 2023, 48 ( 5 ): 1-6
- [20] Mamyrbayev O, Alimhan K, Oralbekova D, Nykyforova L E, Pavlov S, Aitkazina A, Zhumazhan N. A biotechnical system for increasing the effectiveness of the pre-sowing pulsed laser irradiation of seeds to increase sunflower yield. AgriEngineering, 2024, 6 ( 4 ): 3952-3968
- [21] Tibamanya Y F, Milanzi A M. Technical efficiency of smallholder sunflower farmers in Singida, Tanzania: the application of the zero-observations approach. International Journal of Economics and Business Research, 2024, 27 ( 1 ): 1-22
- [22] Kutateladze T, Karchkhadze K, Bitskinashvili K, Vishnepolsky B, Ninidze T, Mikeladze D, Datukishvili N. Novel PCR-based technology for the detection of sunflower in edible and used cooking oils. Foods, 2024, 13 ( 23 ): 3760-3760
- [23] Harveson R M, Samuel G, Markell T, Thomas J, Gulya, Nelson B D. Sunflower pathology: a global perspective. Plant Disease, 2016, 100 ( 5 ): 844-850
- [24] Lebedeva M A, Gancheva M S, Losev M R, Sokornova S V, Yuzikhin O S, Krutikova A A, Plemyashov K V, Lutova L A.

# 国内外玉米杂种优势群及杂优模式研究进展

张瑞朋 栾化泉 刘 骞 申德新 于新艳

(安徽荃银高科种业股份有限公司,合肥 230088)

**摘要:** 玉米 (*Zea mays* L.) 杂种优势的利用是现代玉米育种的核心,而杂种优势群 (Heterotic groups) 的划分及杂优模式 (Heterotic patterns) 的确立则是高效选育强优势杂交种的理论与实践基础。系统梳理了中外玉米杂种优势群的形成过程、划分方法、主要杂种优势群的特征及其演变历程,同时介绍了关键杂优模式的建立、验证与应用进展。内容涉及经典表型与系谱分析、分子标记辅助划分以及全基因组关联分析等技术的应用,并深入探讨了杂种优势的遗传基础,包括超显性、显性及上位性等假说的分子证据。此外,还总结了国内外主要杂优模式 (如 Reid × Lancaster、PA × PB 等) 的实践成效,分析了当前研究面临的挑战,如复杂性状解析的困难、热带种质利用的瓶颈以及全球气候变化带来的影响等,并展望了基因组选择、基因编辑等前沿技术在优化杂优模式、加速育种进程方面的广阔应用前景,旨在为玉米遗传育种工作者提供系统参考,推动杂种优势高效利用与新种质创新。

**关键词:** 玉米; 杂种优势群; 杂优模式; 分子标记; 全基因组关联分析; 基因组选择; 种质资源

## Research Progress on Maize Heterotic Groups and Heterosis Utilization Patterns in China and Abroad

ZHANG Ruipeng, LUAN Huaquan, LIU Qian, SHEN Dexin, YU Xinyan

(Anhui Winall Hi-Tech Seed Co., Ltd., Hefei 230088)

玉米是全球最重要的粮食、饲料和能源作物之一,其产量的飞跃式增长主要归功于杂种优势 (Heterosis) 在育种中的成功利用。杂种优势是指

杂交后代在生长势、产量、抗逆性等方面超越其亲本的现象。然而,并非任意两个亲本杂交都能产生强大的杂种优势。长期育种实践表明,将种质资源划分为不同的杂种优势群,并在群间按照特定模式 (杂优模式) 进行杂交,是获得强优势杂交

通信作者: 于新艳

CRISPR/Cas9-mediated editing of a *NODULATION SIGNALING PATHWAY 1* homolog alters the production of strigolactones in sunflower roots. *Agronomy*, 2025, 15 (1): 129–129

[25] Perez-García L A. Multiplex CRISPR editing of disease resistance pathways in sunflower. *Plant Biotechnology Journal*, 2022, 20 (5): 879–893

[26] Wang H X, Hou H Y, Jan C C, Chao W S. Irradiated pollen-induced parthenogenesis for doubled haploid production in sunflowers (*Helianthus* spp.). *Plants*, 2023, 12 (13): 2576

[27] 蔺方瑞, 王培珍, 魏璇. 不同处理方法对向日葵种子萌发的影响.

种子科技, 2024, 42 (23): 33–35

[28] 郭辉, 韩骏轩, 吕增帅, 仇世龙, 董远德, 郭烈红. 油菜联合收获机清选损失监测装置设计与试验. *吉林大学学报: 工学版*, 2025: 1–11

[29] 闫宁宁, 张键, 赵君. 向日葵抗列当机制和防控技术研究进展. *中国油料作物学报*, 2025, 47 (1): 20–36

[30] 闻金光, 李素萍, 郭树春, 菅志亮, 刘昌星, 邓涛. 我国向日葵种业的建立与发展. *中国种业*, 2022 (2): 28–32

(收稿日期: 2025-08-08)