

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20250519005

# 甜加糯玉米优异种质资源创制方法与产业发展概述

李堰军<sup>1</sup> 颜勇刚<sup>1</sup> 徐敏<sup>1</sup> 刘凯<sup>1</sup> 陆江<sup>1</sup> 江瑞林<sup>1</sup> 孙权<sup>1</sup> 叶志华<sup>1</sup> 刘媛媛<sup>2</sup>( <sup>1</sup>四川省乐山市农业科学研究院,乐山 614000;<sup>2</sup>四川省乐山市种子管理站,乐山 614000)

**摘要:**在社会经济稳步提升与居民生活水平日益改善的背景下,随着居民膳食结构多元化需求的增长,消费者对于鲜食玉米的品质标准有了更高的要求。甜加糯型鲜食玉米属于我国首创的鲜食玉米新类型,备受消费者青睐。甜糯双隐(三隐)性基因玉米自交系等中间材料是培育甜加糯型鲜食玉米的关键基础材料。在阐述鲜食玉米产业发展概况的基础上,重点聚焦于甜糯双隐(三隐)性基因玉米自交系的选育方法,梳理并总结了传统创制方法的应用特点与成效,助力推动甜加糯玉米产业发展。

**关键词:**甜加糯玉米;甜糯双隐性基因;甜糯三隐性基因;种质资源;创制

## Overview of Industrial Development and Creation Methods for High-Quality Germplasm Resources in Sweet-Waxy Corn

LI Yanjun<sup>1</sup>, YAN Yonggang<sup>1</sup>, XU Min<sup>1</sup>, LIU Kai<sup>1</sup>, LU Jiang<sup>1</sup>,  
JIANG Ruilin<sup>1</sup>, SUN Quan<sup>1</sup>, YE Zhihua<sup>1</sup>, LIU Yuanyuan<sup>2</sup>( <sup>1</sup>Leshan Academy of Agricultural Sciences, Leshan 614000, Sichuan; <sup>2</sup>Leshan Seed Administration Station, Leshan 614000, Sichuan )

鲜食玉米作为粮、菜、饲兼用的特色作物,其产业发展与消费升级紧密契合。近年来,甜加糯型鲜食玉米凭借甜糯复合的独特口感,成为市场新宠,其种植面积和经济价值均呈现显著上升趋势。然而,当前甜加糯玉米育种仍面临核心种质资源匮乏、传统选育周期冗长、抗逆性不足等瓶颈问题,制约了产业的高质量发展。从研究现状来看,甜糯双隐(三

隐)性基因玉米自交系的创制是突破育种瓶颈的关键环节。甜加糯玉米的区域适应性栽培模式、加工产业链延伸等产业配套技术也亟待完善。基于此,本文系统梳理甜加糯玉米种质创制的核心技术路径,分析不同杂交组配模式的遗传规律,结合我国主要产区的产业现状,探讨育种技术革新与区域布局优化策略,旨在为甜加糯玉米的品种创新提供理论支撑,同时为解决产业发展中的实际问题、提升市场竞争力提供科学依据,对推动鲜食玉米产业的可持

通信作者:刘媛媛

- [4] 尹欣幸,杨伟波,符海泉,李东霞. 鲜食花生市场前景与研究现状分析. 热带农业科学, 2019, 39 ( 6 ): 111-116
- [5] 张新友. 栽培花生产量品质和抗病性的遗传分析与 QTL 定位研究. 杭州: 浙江大学, 2010
- [6] 宋江春,任丽,李拴柱,王建玉,张秀阁,杨明传,郑青焕,高晓峰. 豫南地区鲜食花生轻简高效栽培技术. 中国种业, 2021 ( 3 ): 110-111
- [7] 徐林,姜军,李相逢,赵振伟,左梅芳,秦亚芳. 汴花系列鲜食油食两用花生新品种的选育及配套栽培技术. 农业科技通讯, 2019 ( 11 ): 317-320

- [8] 吴琼,李晨杰,刘晓莉,王殿轩,张玉荣. 鲜食花生保鲜技术研究现状与展望. 河南工业大学学报:自然科学版, 2021, 42 ( 6 ): 127-133
- [9] 徐宁,张方圆,赵怡雪,李国良,郭贵虎,王闯. 乡村振兴战略背景下现代农业绿色高质量发展探析. 现代农业研究, 2022, 28 ( 12 ): 7-9
- [10] 王建文,李永军,赵国建,李绍伟. 鲜食花生发展前景、存在问题及发展对策探讨. 陕西农业科学, 2009 ( 2 ): 129-130

( 收稿日期:2025-05-20 )

续发展具有一定的实践意义。

## 1 鲜食玉米概况

**1.1 甜玉米** 玉米籽粒甜味的形成归因于隐性纯合基因型(如  $sh_2sh_2$ 、 $susu$ 、 $aeae$  等)的基因调控效应。该玉米类型在乳熟期能够延缓光合产物中糖分向淀粉的转化进程,导致未成熟籽粒中积累大量水溶性多糖<sup>[1]</sup>。目前,甜玉米主产区在国外主要集中在中美洲和南美洲地区。我国自 20 世纪 80 年代引进甜玉米品种后,逐步开启商业化种植进程。进入 21 世纪以来,甜玉米凭借其独特的营养价值和多用途特性,已经发展成为粮食、蔬菜、饲料功能的兼用型农作物<sup>[2]</sup>。

**1.2 糯玉米** 糯玉米原产于我国西南地区,其形成源于普通玉米淀粉合成基因  $Wx$  发生隐性突变(突变为等位基因  $wx$ ),进而演化为蜡质玉米。糯玉米胚乳淀粉以支链淀粉为主,兼具较高的营养价值与经济价值<sup>[3]</sup>。糯玉米在鲜食、淀粉工业、食品加工和饲料等方面与普通玉米相比具有明显的优势,利用前景非常广阔<sup>[4]</sup>。

**1.3 甜加糯玉米** 甜加糯玉米作为鲜食玉米的独特类型,因其兼具甜味与糯性,精准契合了消费者对“甜糯融合”口感的多样化需求。在育种过程中,通常通过精心设计杂交组合,选择含有双隐性或多隐性甜糯基因的亲本材料进行配组。经过多代自交纯合后,在分离的群体中筛选出同时具备甜质与糯质籽粒特性的优良株系。这种类型的玉米核心优势在于其独特的风味融合,将甜玉米的鲜嫩多汁与糯玉米的柔软黏香有机结合,带来层次丰富的味觉体验,显著区别于传统的单一甜玉米或糯玉米品种<sup>[5]</sup>。甜加糯玉米具有广阔的发展前景和巨大的市场增长潜力<sup>[6]</sup>,在当前鲜食玉米的消费市场中,甜糯玉米的市场占有率已超过 30%,并且呈现出稳定增长的趋势。与传统的单一甜玉米或糯玉米品种相比,甜加糯玉米凭借其独特的口感优势,市场售价通常高出 20% 以上。此外,甜加糯玉米的亩均产值约为普通玉米的 3~4 倍,这不仅体现了其突出的风味差异,还显示出显著的经济收益与广阔的发展前景<sup>[7]</sup>。

**1.4 甜加糯型玉米品种审定情况** 我国于 2001 年正式开启甜加糯型玉米品种的审定工作<sup>[8]</sup>,标志着该领域育种研究进入规范化发展阶段。2003 年是我国甜加糯玉米育种史上具有里程碑意义的一年,

由我国科研团队自主培育的首个甜加糯型玉米品种甜糯 13-2 号通过审定,标志着该类型品种从理论研究迈向实际应用。2004 年首个实现大规模商业化推广的甜加糯品种都市丽人完成审定工作,该品种的成功上市不仅突破了品种规模化种植的技术瓶颈,更开启了甜加糯玉米产业的商业化元年<sup>[9]</sup>。自 2014 年起,甜加糯玉米品种在鲜食玉米品种审定数量中的占比逐年提升。尤其是 2018 年以来,这一类型的品种在年度审定中的比例始终保持在 21.0% 以上<sup>[10]</sup>,充分体现了其在育种领域的热度持续增长以及市场需求的稳步扩展。根据中国种业大数据网数据统计,2020-2024 年全国累计审定的鲜食玉米品种共计约 1600 个,其中甜加糯类型约 433 个,占比接近 27.1%。在这些审定品种中,通过国家级审定的约 332 个,占全国鲜食玉米品种审定总量的 20.8%,其中甜加糯类型约 80 个,约占国家级审定总量的 24.1%。截至 2025 年 5 月,我国鲜食玉米国家审定品种累计约 543 个,其中甜加糯类型有约有 88 个,占比 16.2%。这些数据不仅勾勒出甜加糯玉米在鲜食玉米育种体系中的重要地位,更揭示了其随着产业升级呈现出的阶段性发展特征。

## 2 选育甜糯双隐(三隐)性基因玉米自交系的方法

### 2.1 双隐性基因玉米自交系选育方法

**2.1.1 常规杂交组配法** 以超甜双隐  $sh_2sh_2wxwx$  为例,将携带糯质基因( $Sh_2Sh_2wx/wx$ )的糯玉米与携带超甜基因( $sh_2/sh_2WxWx$ )的超甜玉米进行杂交,待获得杂交后代后,筛选单株开展自交试验。通过对玉米自交果穗籽粒的遗传学分析发现,普通玉米籽粒、糯质玉米籽粒和甜质玉米籽粒分离比例为  $9(Sh_2\_Wx\_):3(Sh_2\_wxwx):4$ 。对糯质籽粒进行单株播种并开展二次自交后,约 33.3% 的果穗表现出稳定的全糯性状,剩余 66.7% 的果穗发生性状分离。在性状分离群体中,糯质籽粒占比 75%,携带超甜双隐性基因( $sh_2/sh_2$ 、 $wx/wx$ )的籽粒占比 25%<sup>[10]</sup>。最终筛选出超甜双隐性基因籽粒,纳入常规玉米育种体系,进而培育优良的超甜双隐性自交系<sup>[11]</sup>。

**2.1.2 二环系选育法** 收集和引进国内外优良的甜加糯型鲜食玉米品种进行自交,在自交果穗籽粒中选取甜质表型数量 1/4 的单粒,再进行连续自交,获得甜糯双隐性基因玉米自交系<sup>[11]</sup>。另一技术路径

为,由甜玉米和糯玉米杂交获得杂交种后自交,从中分别挑选出糯质与甜质籽粒。将两类籽粒单株播种并开展姊妹交配对,诱导双隐性基因型纯合化。后续选取后代表现为甜质性状的双隐性籽粒播种,进行自交纯合<sup>[12]</sup>。

**2.2 三隐性自交系选育方法** 将携带超甜型双隐性基因( $sh_2/sh_2, wx/wx$ )的遗传材料与含有普甜型双隐性基因( $su_1/su_1, wx/wx$ )的种质进行杂交配组,所得籽粒在杂交当代仅呈现糯质性状。对 $F_1$ 植株实施自交后,籽粒出现典型的孟德尔式遗传分离现象。糯质、普甜及超甜3种表型的分离比例为9:3:4。选取普甜表型籽粒进行种植并二次自交,结果表明,约33.3%的果穗表现出稳定的普甜性状,而剩余66.7%的果穗产生性状分离。在分离群体中,普甜籽粒与超甜籽粒占比分别为75%和25%。其中的超甜籽粒携带 $sh_2/sh_2, su_1/su_1, wx/wx$ 三隐性基因。

### 3 杂交组配情况

**3.1 甜糯双隐性基因玉米自交系组配** 将糯玉米自交系( $wx/wx$ )分别与普甜( $su_1/su_1, wx/wx$ )、超甜( $sh_2/sh_2, wx/wx$ )、脆甜( $bt/bt, wx/wx$ )双隐性基因玉米自交系进行杂交组配,其杂交后代果穗中糯质籽粒占比3/4,剩余1/4籽粒分别表现出普甜、超甜或脆甜性状。

#### 3.2 不同甜糯双隐性基因玉米自交系之间组配

将普甜双隐性基因玉米自交系( $su_1/su_1, wx/wx$ )和超甜双隐性基因玉米自交系( $sh_2/sh_2, wx/wx$ )进行杂交。播种后,杂交种果穗上糯质、普甜、超甜、三隐性基因籽粒分离比例为9:3:3:1,甜糯籽粒比例为7:9。

**3.3 甜糯三隐性基因玉米自交系组配** 将糯玉米自交系( $wx/wx$ )与普甜、超甜、糯质三隐性基因玉米自交系( $su_1/su_1, sh_2/sh_2, wx/wx$ )进行杂交。杂交种植后果穗上甜糯籽粒的比例稳定在7:9。

## 4 讨论

**4.1 鲜食玉米的产业趋势** 截至2024年,我国鲜食玉米产业经历了迅猛发展阶段,种植规模呈现持续扩大态势,当前已达166.7万 $hm^2$ ,鲜食玉米加工企业数量增至735余家,主要分布在黑龙江、吉林、河北等地。甜加糯玉米品种种植规模相较于传统甜玉米和糯玉米较小,目前种植面积约为27.0万 $hm^2$ 。

2023年西南地区鲜食玉米的种植面积也呈逐年增加趋势,约有44.0万 $hm^2$ ,其中甜玉米19.9万 $hm^2$ 、糯玉米24.1万 $hm^2$ ,占全国鲜食玉米种植总面积的26.4%,主要以鲜穗供应市场,50%甜玉米鲜穗为外销。

回顾我国鲜食玉米产业的发展历程,早期呈现出“南甜北糯”的空间分布特点。然而,随着甜加糯玉米品种商业化步伐的加快,这一传统格局正逐步发生结构性转变,逐渐向甜玉米、糯玉米、甜加糯玉米协同发展的多元化布局演变升级<sup>[13]</sup>。作为兼具甜味与糯性的特色休闲食品,甜加糯玉米的市场需求表现出明显的地域集中特征,主要集中在经济发达的核心城市<sup>[14]</sup>。基于这一市场特性,逐步形成了城市消费导向型的城郊种植模式,推动京津冀、长三角、珠三角等大城市群成为鲜食玉米的重要生产与消费集聚地,构建了“城市需求驱动、近郊种植”的产业发展格局<sup>[15-16]</sup>。当前,我国甜加糯玉米的规模化种植已形成多区域协同发展格局。北方以黑龙江、吉林、辽宁三省及京津冀地区为核心产区;中部地区湖北省发挥了地理区位优势,成为重要种植基地;东部的江苏、浙江、安徽等地依托长三角市场需求实现产业升级;南方的四川、重庆、云南、贵州以及广东、广西等省(区市),则凭借独特的气候条件,发展出特色鲜明的区域性种植模式<sup>[17]</sup>。

西南地区在鲜食玉米产业发展中,可聚焦于地方特色糯玉米及甜加糯玉米品种的培育与推广。甜加糯型玉米通过遗传改良,有效弥补了传统糯玉米甜度不足、甜玉米糯性欠缺的品质缺陷,在保留糯性的基础上显著提升甜度,其育种实践中利用甜糯双隐(三隐)性基因玉米材料创制新品种,已成为当前鲜食玉米遗传改良的重要发展方向。针对西南地区产业需求,可强化优质、高产、广适性优势品种培育,夯实品种基础;构建标准化栽培技术体系,科学规划品种布局与种植规模,推行错峰种植模式以实现错峰上市,提升市场竞争力;延伸产业链条,提升鲜食玉米加工转化能力与资源综合利用率,拓展产品附加值;依托地方特色资源,打造具有区域影响力的甜糯玉米品牌,培育优质名优品种,增强市场辨识度与品牌溢价能力。

**4.2 种质资源的利用** 甜加糯双隐性基因玉米自交系是构建甜加糯杂交品种的核心种质资源<sup>[18]</sup>。

携带高比例温带遗传背景的育种材料通常面临多方面的挑战。在营养生长期常遭受茎基腐病、大斑病等土传病害的侵袭;而在生殖发育阶段则容易出现雌雄花期不协调、吐丝受阻等生理性障碍,最终影响制种的结实率。相比之下,地方玉米种质经过长期的自然选择与人工定向选择的共同演化,不仅展现出对高海拔、少日照、大温差等特殊生态环境的高度适应性,还在世代繁衍中积累了丰富的遗传多样性。这些地方种质蕴含着大量尚未深入挖掘的优异等位基因,成为打破温带玉米育种瓶颈、拓展品种遗传基础的重要战略资源<sup>[18]</sup>。在玉米遗传育种过程中应当积极引入具备高产、强配合力、大籽粒、薄果皮以及矮秆抗倒伏等优良性状的种质资源,通过性状互补策略优化育种材料。科学界定杂种优势群,严格遵循“群内选育纯化自交系,群间组配创制杂交种”的核心育种准则,实现种质资源的高效利用与品种遗传潜力的充分挖掘<sup>[19]</sup>。

**4.3 自交系选育方法问题与展望** 当前甜糯双隐(三隐)性基因玉米自交系选育仍依赖传统方法,存在流程繁琐、效率低下、育种周期冗长等问题,甜糯双隐(三隐)性基因玉米遗传材料普遍存在种子活力不足、出苗率低、植株生长势弱、抗逆性差及籽粒果皮偏厚等缺陷<sup>[20]</sup>。在技术创新层面,建议整合单倍体育种技术、分子标记辅助选择技术及染色体融合技术,结合育种目标开发特异性鉴定方法,缩短育种周期并提升选择精准度。针对种子萌发障碍,通过精细整地改善土壤墒情,合理控制种植密度,配套科学肥水管理方案;对核心材料可采用育苗盘单粒精准育苗技术,结合发芽试验优化播种参数(如温度、深度)以提高成苗率。在亲本改良与资源创新方面应聚焦高品质、高抗逆性、广适应性及高配合力的亲本材料筛选,同步加强种质资源的发掘、引进及创新利用,构建涵盖外观品质、营养指标、加工特性的多维评价体系,从而提升目标性状改良的效率与精准性。

#### 参考文献

[1] 苏彩霞,栾春荣,黄炳生. 双隐(三隐)性基因在甜糯型玉米品种选

- 育中的应用. 金陵科技学院学报,2013,29(1):56-59,64
- [2] 郝德荣,冒宇翔,陈国清,陆虎华,石明亮,黄小兰,薛林. 我国鲜食甜糯玉米育种现状与展望. 浙江农业科学,2016,57(4):478-481
- [3] 史亚兴,卢柏山,宋伟,徐丽,赵久然. 基于 SNP 标记技术的糯玉米种质遗传多样性分析. 华北农学报,2015,30(3):77-82
- [4] 雷涌涛,隆文杰,周国雁,蔡青,伍少云. 云南糯玉米种质资源的研究与利用. 河南农业科学,2016,45(1):1-7
- [5] 宋俏姮,孔亮亮,刘俊峰,张垚,崔阳,陈琳,舒琴. 甜加糯玉米新品种锦甜糯 198 的选育. 中国种业,2022(8):128-130
- [6] 宋俏姮,孔亮亮,刘俊峰,张垚,杨跃华. 甜糯双隐基因型玉米材料的创制方法及鉴定技术概述. 中国蔬菜,2018(5):28-32
- [7] 王萍,田凤芝,李晨. 北方甜糯玉米优质高效栽培及发展前景. 吉林蔬菜,2016(6):18-19
- [8] 孙丽娟,赵志宏,贺娟,王步军. 我国鲜食玉米相关标准问题分析及对策. 作物杂志,2019(2):46-50
- [9] 赫忠友,赫晋. “都市丽人”加甜糯鲜食专用玉米杂交种的选育. 作物杂志,2004(5):52-53
- [10] 李一男. 利用甜糯双隐(三隐)性基因材料选育甜加糯玉米品种. 农业开发与装备,2015(8):26,38
- [11] 徐勇,管晓春,刘金波,黄炳生,徐福海,张玉明,刘松,曾旭辉. 甜糯玉米新品种神玉糯 1 号的选育及应用. 江苏农业科学,2009(1):96-97
- [12] 卢柏山,史亚兴,徐丽,赵久然. 新型甜加糯鲜食玉米品种农科玉 368 的选育. 种子,2016,35(12):106-107
- [13] 徐丽,赵久然,卢柏山,史亚兴,樊艳丽. 我国鲜食玉米种业现状及发展趋势. 中国种业,2020(10):14-18
- [14] 宋俏姮,杨跃华,高必军,孔亮亮,刘俊峰,张垚. 推动四川鲜食玉米产业绿色发展的对策建议. 中国种业,2020(2):25-27
- [15] 杨曙辉,李江,王桂平,严绍萍,张蕾,徐进. 云南高原特色鲜食玉米产业绿色持续与高质高效发展. 中国种业,2021(12):31-36
- [16] 廖江. 重庆市武隆高山地区高花青素甜糯玉米种植技术集成初探. 农业技术与装备,2021(12):64-65
- [17] 李自凤,张焱. 德宏州鲜食甜玉米产业发展现状、问题及对策. 中国集体经济,2020(14):26-29
- [18] 冯云敢,韦桂旺,蒙云飞,王玉浩,韦爱娟,卢妍,吴爱民,贺囡囡. 基于广西地方糯玉米种质的甜糯双隐玉米自交系的创制及应用. 中国蔬菜,2023(8):97-102
- [19] 贺囡囡,冯云敢,蒙云飞,韦爱娟,弓雪,卢生乔,韦桂旺,吕巨智. 利用 SNP 标记及配合力划分超甜玉米自交系的杂种优势群. 植物遗传资源学报,2021,22(1):165-173
- [20] 徐丽,史亚兴,席胜利,俞媛年,卢柏山,赵久然. “甜味”新型鲜食玉米及其代表品种京科糯 768 的选育. 植物遗传资源学报,2023,24(1):317-324

(收稿日期:2025-05-19)