

# 提高杂交水稻镉低积累臻两优 8612 种子质量的技术措施

张维亮<sup>1,2</sup> 袁 源<sup>1</sup> 高友丽<sup>3</sup> 游 瑞<sup>1</sup> 汤曼卓<sup>4</sup> 匡新华<sup>1</sup>  
孙 颖<sup>3</sup> 孔得群<sup>1</sup> 张家清<sup>3</sup> 汤健良<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 湖南亚华种业有限公司, 长沙 410125; <sup>2</sup> 湖南省永州市农业综合服务中心, 永州 425000;

<sup>3</sup> 湖南省种子质量检测中心, 长沙 410016; <sup>4</sup> 华智生物技术有限公司, 湖南长沙 410125)

**摘要:** 归纳了 2022–2023 年湖南亚华种业有限公司在杂交水稻臻两优 8612 海南制种过程中的质量管控技术要点, 总结了镉低积累品种种子生产过程中提质保优的经验, 以期种业企业进行杂交水稻镉低积累品种种子生产时对种子质量的管控提供参考。

**关键词:** 杂交水稻; 镉低积累; 臻两优 8612; 种子质量; 技术措施

## Technical Measures to Improve the Seed Quality of Hybrid Rice Zhenliangyou 8612 with Low Cadmium Accumulation

ZHANG Weiliang<sup>1,2</sup>, YUAN Yuan<sup>1</sup>, GAO Youli<sup>3</sup>, YOU Rui<sup>1</sup>, TANG Manzhuo<sup>4</sup>, KUANG Xinhua<sup>1</sup>,  
SUN Ying<sup>3</sup>, KONG Dequn<sup>1</sup>, ZHANG Jiaqing<sup>3</sup>, TANG Jianliang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Hunan AVA Seed Industry Co., Ltd., Changsha 410125; <sup>2</sup> Yongzhou Agricultural Comprehensive Service Center, Yongzhou 425000,

Hunan; <sup>3</sup> Hunan Seed Quality Testing Center, Changsha 410016; <sup>4</sup> Huazhi Biotechnology Co., Ltd., Changsha 410125)

水稻是我国最主要的粮食作物之一, 同时也是极易吸附重金属的农作物, 稻米在为人体供给必要的营养成分和微量元素时, 也成为重金属进入人体的重要渠道<sup>[1]</sup>。镉是国际癌症中心认定的 I 类致癌物, 大米作为人的主要食物, 已成为人体镉摄入的主要途径<sup>[2]</sup>。湖南杂交水稻研究中心与隆平高科种业科学研究院以臻两优 8612 为材料, 成功创制出了 *OsNRAMP5* 基因缺失的绿色型两系杂交水稻镉低积累臻两优 8612<sup>[3]</sup>。研究表明, 该品种在中、重度镉污染大田(土壤全镉含量 1.5mg/kg 以下)中种植, 稻谷平均镉含量比普通水稻品种下降 90% 以上, 是国内第一个非转基因且可以直接种植的镉低积累水

稻品种。

湖南亚华种业有限公司自 2022 年起, 集合各方力量全力开展镉低积累臻两优 8612 种子规模化生产和标准化大田栽培关键技术措施的研究与推广。2023 年在海南生产种子 670hm<sup>2</sup>, 种子质量经检测全部达到 GB 4404.1—2008《粮食作物种子 第 1 部分: 禾谷类》标准, 80% 以上达到公司的优质种子质量标准(纯度≥98.0%、发芽率≥82%、净度≥99.0%、水分≤12.5%、原芽率≤4.0%、灰质化率≤15%), 为广大农户用上放心种打下坚实的基础。海南生产的臻两优 8612 种子于 2023 年在湖南省 11 个地级市 52 个县(市、区)投入大田种植, 种植面积 7.13 万 hm<sup>2</sup>, 全面实现安全生产、丰产增收。湖南农学会组织专家组对 54 个示范片进行测产验收和镉低积累性状测试, 平均产量达 10.32t/hm<sup>2</sup>, 稻谷镉

基金项目: 湖南省中央引导地方科技发展资金项目(2023ZYC010)

通信作者: 张家清, 汤健良

含量平均为 0.026mg/kg, 远低于国家限量标准值 0.200mg/kg。臻两优 8612 成为我国第一个大面积成功应用的镉低积累水稻品种<sup>[4-5]</sup>, 也开创了水稻新品种首年大面积推广的新记录。现将 2023 年臻两优 8612 种子生产过程中的质量管理技术措施进行归纳总结, 以更好地对臻两优 8612 种子生产的质量进行把控, 为新品种大规模开发应用提供参考, 推动我国稻米质量安全产业体系的健康发展。

## 1 制定安全生产技术方案

**1.1 选择适宜制种区域和时间** 确定适宜的制种区域和生产时间是确保种子优质高产的基础。臻两优 8612 在低风速、湿度较大的田间小气候区域扬花授粉能达到高产优质的效果<sup>[6]</sup>。海南地区宜安排在三亚、乐东、东方沿西南海岸平原的高产制种区域制种, 选择基地时需考虑稻田灌溉是否方便、水源是否充足; 在春季制种, 母本播种期安排在 1 月中下旬至 2 月上旬, 最佳抽穗扬花期宜在 4 月 20 日至 5 月 10 日。具体播期要结合中长期天气预报来确定, 以避免低温转育及扬花授粉期间、种子收割期遇不利天气, 造成种子质量和产量降低。

**1.2 做好制种田隔离规划** 充分利用自然隔离条件, 制种田沿线以山体、水库等自然屏障隔离, 保证空间隔离在 200m 以上; 时间隔离安排在 25d 以上; 极少部分田块无法满足空间和时间隔离时, 可栽种父本进行隔离<sup>[7]</sup>。在制种田母本幼穗发育进入 IV 期时, 对基地进行无死角式的普查, 发现隔离问题迅速通知生产承包人整改, 以确保隔离绝对安全。

**1.3 提供优质亲本种子** 提供优质亲本种子是保证种子生产质量的基础<sup>[8]</sup>。镉低积累臻两优 8612 的种子生产首先要确保亲本种子具有镉低积累特性, 同时纯度、发芽率等指标达到较高的质量标准。(1) 父本低镉华恢 8612 由湖南亚华种业有限公司生产中心进行繁殖, 播种前严格控制田间落粒稻, 在亲本生长过程中于育秧期、分蘖期、始穗期、齐穗期、收割前进行多次除杂, 验收其含杂率小于 0.01%, 确保亲本纯度合格, 种子入库后取样送至湖南杂交水稻研究中心, 利用 Taqman 探针基因分型法检测, 鉴定其具备镉低积累特性。(2) 母本低镉隆臻 36S 由隆平高科种业科学研究院进行繁殖, 湖南亚华种

业有限公司在购买入库后, 取样送至湖南杂交水稻研究中心检测, 鉴定其具备镉低积累特性; 样品同时送至华智种子质量分子检测中心用 SSR 分子检测的方法测定种子纯度, 检测结果纯度为 99.8%。(3) 父、母本种子生产的当年冬季均分批次取样到海南进行田间种植鉴定, 对纯度进行初步验证, 第 2 年春夏在内地进行种植鉴定, 对纯度进行复核, 确保投入使用的亲本种子纯度在 99.8% 以上。高纯度的亲本不仅能降低花粉污染的风险, 减少田间除杂的成本, 同时可减少 F<sub>2</sub> 杂株吸隔对稻米镉含量的影响。

**1.4 及时防范落粒再生稻** 海南杂交水稻制种田一般是一年三熟耕作模式(制种 + 蔬菜 + 水稻或毛豆 + 制种 + 水稻), 当地农户习惯在雨季种植水稻, 在少雨季种植蔬菜、毛豆等经济作物, 在干旱季出租给制种户进行南繁育种。机械收割落粒、连续耕作、干旱少雨导致的落粒再生稻成为海南杂交水稻制种田田间杂株的主要来源之一。湖南亚华种业有限公司从播种到齐穗采取有效措施防范落粒再生稻对种子纯度的影响。整理秧田时提前 20d 翻耕, 深水泡田, 减少落粒再生稻, 移栽前仔细清除秧田杂株; 大田采取 2 次翻耕泡田, 间隔在 7d 左右, 移栽前 3~5d 打除草剂灭杀落粒再生稻苗; 移栽后, 在秧苗封行前期、抽穗扬花期组织人工逐厢、逐行清除前作落粒再生稻苗。

## 2 夯实田间提质保纯措施

**2.1 除杂去劣** 杂交水稻制种除杂工作贯穿整个制种过程。在秧苗期、始穗期、齐穗期、成熟期组织多次田间除杂工作, 保证将田间含杂比例控制在标准范围之内, 即齐穗期父本含杂率控制在 0.05% 以内, 母本含杂率控制在 0.2% 以内, 成熟期母本含杂率控制在 0.1% 以内; 采取分区、分片模式, 田间检验任务到人, 全面覆盖。

**2.1.1 秧苗期** 秧苗期包括秧田期、移栽期和分蘖期, 秧苗期在秧田幼苗 3~5 叶时进行观察, 对幼苗芽鞘、茎节的颜色及株叶形态等进行区分, 去除红色芽鞘、植株高大等异型杂株; 移栽期和分蘖期根据株叶型的差异进行区分, 同时将落粒再生稻初步清除。

**2.1.2 始穗期** 始穗期是除杂工作的关键时期, 需组织人力集中去除异型株、异色株、母本中散粉可育株和半不育株等杂株。始穗前 3d 技术人员对各基

地田间原始含杂情况进行调查记录,始穗期要求各生产承包人组织专业除杂队除杂,除杂时技术人员分类选区抽检除杂效果,并对杂株遗漏情况进行统计,及时反馈给生产承包人,以便落实下一步工作的重点。

**2.1.3 齐穗期** 齐穗期田间含杂率控制在 0.2% 以内,由技术人员按照每 3hm<sup>2</sup> 1 个点进行大田抽样检验。根据前期除杂效果及大田含杂情况,对情况较好区域田块仍要求生产商进行除杂;对于含杂率不合格区域,第一时间向生产承包人发出隐患处置通知并监督其在有效时间内进行除杂,含杂比例较高田块再次组织专业除杂队除杂,技术人员进行复查验收。

**2.1.4 收割前期** 父本杀青后、母本收割前再次进行除杂,严格清理父本行残留的父本穗,由技术人员逐片取点调查,田间含杂率小于 0.1% 后,方可进行收割。

## 2.2 母本育性安全监控

**2.2.1 记录田间气温** 技术人员在有代表性的制种田多点放置温度自动记录仪,对泥表层上方 20cm 的田间气温进行实时监控记录,在母本幼穗分化 IV~VI 期,未出现连续 3d 日平均气温低于 24℃ 或气温低于 20℃ 持续 12~24h,则母本没有育性转换风险。对抽取地下水灌溉的制种田,要保证水温不能低于 24℃。

**2.2.2 花粉镜检** 在抽穗扬花期间,由技术人员对不同生产区域、不同始穗时间的已出穗但未开花的母本穗进行花粉镜检,检测花粉的育性情况,确保母本育性安全。在 2023 年春季未发生隆臻 36S 育性转换的现象。

**2.3 父本杀青** 授粉结束后的 3d 内割除父本。由技术人员到基地进行抽查,对有残留父本莖和残留父本穗等问题,要求生产承包人在割除父本 5d 内整改到位,避免收割时父本混入种子中。

**2.4 田间植株镉低积累特性抽检** 在分蘖期和齐穗期对各父母本种子批次的植株进行镉低积累特性的抽检,取样满足随机取样原则,选取有代表性的叶片样品,送至第三方检测机构检测,严格确保亲本具有镉低积累特性。

## 3 严格种子收晒管理要求

**3.1 收割前准备** 制定统一的种子收晒流程,落实

种子收晒各项安全措施,收割前要求生产承包人安排专人对收割机械、烘干设备和晒场进行清洗和清理,防止机械混杂。

**3.2 及时抢收** 种子成熟度 80% 时开始收割。种子成熟度过高易受高温高湿等环境影响,发生“灰质化”现象,影响种子活力<sup>[9]</sup>;成熟度过低易造成种子休眠等问题。在种子成熟期间关注天气信息,抢晴好天气收割,避免因下雨导致穗上芽。

**3.3 种子干燥** 收割后及时烘干或摊晒种子,烘干前由技术人员对烘干设备进行检查,确保清理干净,烘干时实时监控烘干温度,烘干机内部温度控制在 35~45℃ 之间,不超过 50℃<sup>[10]</sup>;晾晒种子时督促晒种人员勤翻种,保证种子水分一致,重点严防种子收晒过程中的机械混杂。

## 4 规范种子检测加工流程

**4.1 入库检测** 种子入库时逐包扦样,混匀后形成综合样品备用。质检员按照 GB/T 3543.1~7—1995《农作物种子检验规程》对种子样品进行各项指标的检测。需将样品的主要指标在样品袋上详细标注,并登记存档。同时,随机选取部分有代表性的入库样品,对种子镉低积累特性进行检测。

**4.2 精选加工** 种子在制种基地烘干后发往仓库,并及时组织相关工作人员进行精选(风筛选和比重选)。部分种子在精选后发芽率未合格,则进行第 2 次精选。对“灰质化”率高于 20% 的种子进行光选<sup>[9]</sup>,以确保种子发芽率、净度等指标达到国家标准。

**4.3 包装出库** 种子在加工包装过程中严格按照设备清洁程序进行操作,安排专人负责检查、监控,记录种子加工的全过程,出库时按照检验规程抽取小包装样,对成品种子发芽率进行检测,并保存成品样品,确保出库种子质量符合 GB 4004.1—2008《粮食作物种子 第 1 部分:禾谷类》标准。种子出库时将品种、批次、质量状况、去向等相关信息录入信息管理系统,以备日后追溯之用。

## 5 行政督导强化质量管控

镉低积累臻两优 8612 的推广得到湖南省政府的高度重视。2023 年湖南省农业农村厅对海南的种子生产进行全程质量管控:在生产前期,对亲本种子进行了镉低积累特性的抽检;在幼穗分化期和抽穗扬花期,组织专家组到各制种基地对隔离状况、



田间含杂率按照湖南省 DB43/T 381—2008《农作物种子田间检验技术规范》进行了全面系统的检查;在成熟期,组织专家到田间抽取种子样品进行品种纯度、品种真实性、转基因成分和镉低积累特性的检测;在种子入库后,抽取小包装种子样品进行发芽率、水分、净度等质量指标的检测。强有力的行政督导加强了企业对做好镉低积累水稻种子保质、保量、保供的责任感和使命感,2023年南繁的臻两优 8612 种子质量也向用种农民交上了一份满意的答卷。

#### 参考文献

- [1] 王璐瑶,陈睿,赵守清,闫慧莉,许文秀,刘若溪,麻密,虞轶俊,何振艳. 水稻镉积累特性的生理和分子机制研究概述. 植物学报,2022,57(2):236-249
- [2] 李婷,胡敏骏,徐君,蒋玉根,闫慧莉,虞轶俊,何振艳. 镉低积累水稻品种选育研究进展. 中国农业科技导报,2021,23(11):36-46
- [3] 毛毕刚,韶也,唐丽,薛华良,李进,黄国龙,孙耿,李建武,周坤,刘洋,彭彦,邓述东,李曜魁,彭选明,许靖波,柏连阳,赵炳然.

*OsNRAMP5* 基因突变低镉型臻两优 8612 的试验示范及关键栽培技术. 杂交水稻,2023,38(2):116-123

- [4] 毛毕刚. 杂交水稻新组合镉低积累臻两优 8612 大面积推广获得成功. 杂交水稻,2024,39(2):88
- [5] 谭成彬,凌丙英,罗仁秋,任福生,刘彪,唐小涵,陈雁斌,王建. 低镉水稻品种臻两优 8612 的示范推广与高产栽培技术分析. 中国种业,2024(6):69-72
- [6] 张维亮,袁源,孔得群,尹贤文,匡新华,杨广,何菊英,汤健良. 杂交水稻新组合镉低积累臻两优 8612 海南高产优质制种技术. 杂交水稻,2024,39(2):76-79
- [7] 汤健良,匡新华,张浩,孙卫华. 杂交水稻种子质量认证企业操作要点及质量提升措施研究. 杂交水稻,2022,37(1):90-94
- [8] 汤健良. 杂交水稻种子企业质量控制标准及质量保障措施. 中国种业,2021(6):20-23
- [9] 袁源,张浩,匡新华,张维亮,蒋良辉,金晨钟,陈勇,汤健良,胡一鸿. 湿种堆沤对杂交水稻种子“灰质化”及贮藏温度对不同程度“灰质化”种子的活力影响. 杂交水稻,2022,37(3):95-98
- [10] 刘爱民,刘俊龙,张海清,李步勋,朱彦,张青,蒋珊瑚,贺记外. 杂交水稻种子机械干燥技术. 杂交水稻,2020,35(4):34-36,66

(收稿日期:2024-04-21)

(上接第 149 页)

纯氮 8.5~10.5kg (占总施氮量的 70%~80%)、 $P_2O_5$  4~6kg、 $K_2O$  3~6kg,或者施用优质复合肥 45% (15-15-15) 25~30kg、尿素 10~15kg,肥料使用应符合国家相关标准的规定。根据苗期长势确定是否追肥和合理的追肥量,一般拔节期追肥施氮量为总施氮量的 30% 左右。病虫害防治 鄂北地区可选用戊唑醇、咪鲜胺或氰烯菌酯等杀菌剂预防赤霉病;选用三唑酮或戊唑醇防治条锈病和白粉病;选用吡虫啉、啉虫脒+甲维盐或菊酯类农药防治虫害;选用磷酸二氢钾+碧护等调节剂来提高植株的抗逆性。适时收获 联合收割机收获,以蜡熟末期至完熟初期收获为宜;人工收割以蜡熟初期或蜡熟中末期进行为宜。

## 5 选育体会

通过珍麦 188 的成功选育,更加深刻地认识到省际间穿梭育种对湖北小麦品种突围的重要性,目前已在河南许昌和驻马店建立了小麦育种基地,育种手段也从早期的高代材料交叉鉴定,发展到如今的低世代材料穿梭选择,主要做法及下一步的育种思路如下:(1)湖北鄂州基地以抗病和高产为主要

目标。该基地地势较低,地下水位高,即使少雨年份,小麦赤霉病、条锈病等病害也发生较重。因此,该基地以抗病和产量为主要目标性状,以选育能通过湖北省审定的品种为目标。(2)河南育种基地以抗寒性和高产为主要目标。河南小麦产量水平高,而大多湖北省审定的小麦品种因产量水平较低、抗寒性差,无法在河南繁种,限制了品种的大规模应用。因此,河南育种基地以抗寒性和高产为主要目标性状,选育能在河南繁种的品种,以解决品种在湖北制种困难的问题。

#### 参考文献

- [1] 汤颢军,刘易科,张勇,邹娟,高春保. 湖北省小麦种业发展现状与建议. 中国种业,2022(5):39-41
- [2] 汤颢军,赵光,郭光理. 湖北省麦面加工企业发展现状与小麦产业发展建议. 湖北农业科学,2020,60(S1):317-318
- [3] 敖立万. 湖北小麦. 武汉:湖北科学技术出版社,2002
- [4] 孙道杰,冯毅,闵东红,李学军,张玲丽,张传量,王辉. 小麦品种西农 979 广适性简析及育种启示. 麦类作物学报,2018,38(7):798-801

(收稿日期:2024-04-29)