

节水抗旱稻商业化育种体系的构建与实践

李明寿¹ 杨学龙¹ 张雷¹ 王顺杰¹ 刘毅² 余新桥³ 罗利军²

(¹上海天谷生物科技股份有限公司,上海 201203;²上海市农业生物基因中心,上海 201106;³华南农业大学,广东广州 510642)

摘要:种业作为国家战略性、基础性核心产业,是保障粮食安全、稳定农业发展的根本所在。在全球气候变暖引发高温干旱频发、水资源约束加剧的背景下,传统水稻生产面临严峻挑战。节水抗旱稻的提出为摆脱这一困境提供了有效方案。为提高节水抗旱稻的育种效率,加速节水抗旱稻新品种落地,在通过概述节水抗旱稻理念和我国水稻种业发展的基础上,系统介绍了上海天谷生物科技股份有限公司商业化育种体系,阐述了以节水抗旱稻为核心的商业化育种模式的特色。节水抗旱稻商业化育种体系的构建与实践,实现了节水抗旱稻新品种的持续产出,激活了我国边际土地的利用价值。

关键词:种业;商业化育种;节水抗旱稻;传统水稻;天谷模式;栽培模式;技术创新;示范推广

Construction and Practice of Commercial WDR Breeding System

LI Mingshou¹, YANG Xuelong¹, ZHANG Lei¹, WANG Shunjie¹, LIU Yi², YU Xinqiao³, LUO Lijun²

(¹Shanghai Tiangu Biotechnology Co., Ltd., Shanghai 201203; ²Shanghai AgroBiotechnology Gene Center, Shanghai 201106;

³South China Agricultural University, Guangzhou 510642)

种业是国家战略性、基础性的核心产业,是促进农业长期稳定发展、保障国家粮食安全的根本。随着全球气候变暖,高温时常伴随干旱,严重影响了我国的粮食安全。水稻是我国重要的粮食作物之一,生产极度依赖水资源,没有充足且优质的水资源,难以实现水稻的高产与稳产。1992年我国启动水稻抗旱性改良系统研究,巴西陆稻 IAPAR9 的引进推动了旱稻资源收集与研究,此阶段我国的旱稻品种侧重抗旱性,产量优势不足^[1]。节水抗旱稻(WDR, Water-saving and drought-resistance rice)是指既具有水稻高产优质特性,又具有旱稻节水抗旱特性的一种新的栽培稻类型(NY/T 2862—2015《节水抗旱稻术语》)^[2],是在水稻科技进步的基础上,引进旱稻的节水抗旱特性而育成的新品

种,兼具节水、抗旱、易种特性^[3]。在灌溉条件下,其产量、米质与水稻基本持平,但可节水 50% 以上;在没有灌溉条件的中低产田种植,具有较好地抵抗干旱的能力,可实现旱直播旱管,增产稳产;在栽培上,简单易行,既可在水田节水栽培,又可在旱地直播种植,革新了传统水稻种植模式,摆脱了生产过程对水分的过度依赖^[4]。培育推广节水抗旱稻新品种和栽培技术能够有效降低温室气体排放,缓解全球干旱对水稻生产的不利影响。有研究表明,节水抗旱稻多种于中低产田,单产稍低于普通水稻,但在水肥条件较好的地块产量可与普通水稻相当,净利润比普通水稻高 2404.3 元/hm²,较普通水稻节水 57%^[5],传统水稻种植模式改为节水抗旱稻旱管种植模式,稻田主要温室气体成分 CH₄ 的排放量降低 97%^[6]。节水抗旱稻起步阶段仍存在品种数量不足、栽培种植技术不完善、产业链不完整等问题。

基金项目:上海市优秀学术/技术带头人计划项目(22XD1433800);上海市农业科技创新项目(V2025016);上海市科委关键技术研发计划项目(25N32800400)

水稻是我国商业化育种体系发展最快、最成熟、发展前景最好的主粮作物之一。商业化育种是指在精细设计的育种方案指导下,严格按标准和流程进行工厂化、大规模测试与选育,创造出具有商品价值且能够满足市场需求的新品种育种体系和活动^[7]。与传统育种模式不同,商业化育种以市场为导向、具备高效资源配置和创新协同机制,集成育种目标市场化、育繁推一体化、育种过程工厂化、品种评价科学化、体系管理规范化和育种手段现代化和研发投入企业化七大特征^[8]。据中华人民共和国农业农村部公告统计,“十四五”期间我国通过国审的水稻品种累计达 2354 个,2021–2025 年国审水稻品种数量分别为 677 个、438 个、409 个、405 个、425 个。在 2354 个国审水稻品种中,以企业为选育单位的品种达 1987 个,占比高达 84.4%。企业主导的商业化育种已成为我国杂交水稻品种创新的核心动力,呈现以下主要特征:(1)专业化聚焦凸显。细分领域的育种企业崛起,如上海天谷生物科技股份有限公司(以下简称天谷生物)深耕节水抗旱稻,多个特色品种通过国审,企业育种的专业化特征显著。(2)龙头企业引领作用显著。安徽荃银高科种业股份有限公司(以下简称荃银高科)、袁隆平农业高科技股份有限公司(以下简称隆平高科)、泸州泰丰种业有限公司(以下简称泰丰种业)等头部企业表现突出,凭借资金与研发优势,成为品种创新的核心引擎。(3)科企合作不断深入。部分企业通过与国家中心省市农业科研院校等科研机构合作,实现“技术研发—品种转化”的高效衔接,推动科研成果快速落地。今后,企业在杂交水稻品种创新中的主导作用将更加凸显,打造育繁推一体化的节水抗旱稻商业化育种体系,对于提高育种效率,加速新品种落地,完善和推广栽培种植技术具有重要意义。

1 我国种业商业化育种发展历程

第 1 阶段(1949–1999 年):1958 年“四自一辅”工作方针的提出,促进了良种繁育和种子推广工作。1978 年“四化一供”种子工作方针的提出,促进种业从传统的农户留种逐渐向专业化生产转变。

第 2 阶段(2000–2010 年):《中华人民共和国种子法》颁布,为企业育种创新提供法律保障,明确

品种权保护范围和侵权责任,规范市场秩序,推动产学研协同,标志着我国种业商业化育种开启了产业化和市场化的新局面,推动了种业企业的发展。“十五”期间,通过实施“种子工程”,促进现代种子产业体系和科学的管理制度的建立,实现种子生产专业化、经营集团化、管理规范化和繁育推广一体化、大田用种商品化。

第 3 阶段(2011–2020 年):《国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见》发布,首次明确种业在我国战略地位,提出打造我国自己的龙头种企,以“科研单位打基础,种子企业做育种”为未来发展目标,逐步建立以企业为主体的商业化育种机制。2013 年《国务院办公厅关于深化种业体制改革提高创新能力的意见》发布,继续强调以种子企业为主体,推动育种人才、技术、资源依法向企业流动,促进产学研结合,提升企业自主创新能力。

第 4 阶段(2021 年至今):2021 年《种子法》第 3 次修正,扩大植物新品种权的保护范围及保护环节,建立实质性派生品种制度,完善侵权处罚赔偿和行政处罚制度。“十四五”期间,农作物种质资源与创新利用再一次被作为政策重点,同时培育具有国际竞争力的种业龙头企业,加快种业自主知识产权保护等成为新时期我国农作物种业发展的重点。

2 节水抗旱稻商业化育种体系

随着我国水稻商业化育种体系的不断发展,行业正从“分散经营、经验育种”向“集中创新、精准育种”转型,隆平高科、荃银高科等龙头企业逐步掌握核心种源和先进育种技术。节水抗旱稻商业化育种体系的构建始于 2011 年天谷生物的正式成立。天谷生物充分发挥节水抗旱稻的品种优势,不断深耕全球市场。2020 年跻身国家育繁推一体化种业企业行列,在国内构建起以市场为导向、融合高效资源配置、兼具创新协同机制的商业化育种体系,业务覆盖国内、国际两大市场。以天谷生物为例,节水抗旱稻商业化育种体系具备以下特色。

2.1 注重育种基地建设,筑牢自主研发根基

构建自主研发根基是节水抗旱稻商业化育种体系运行的基础支撑。天谷生物通过组建绿色超级

稻研发中心,采用“对外合作+自主研发”模式,保障节水抗旱稻新品种选育工作的可持续性。在此基础上,成立天谷研究院,完成核心育种基地的建立,总面积约 20hm²,并在不同生态区设立 33 个生态测试点,全面实现节水抗旱稻种质资源的管理与创新、新品种的商业化育种、配套种植技术与产品的研发与应用。此外,为提升新品种抗性筛选的精准度与效率,同步搭建完善的表型鉴定平台,其中包括 2 个抗旱鉴定基地、4 个抗病鉴定基地,可针对节水抗旱稻的抗旱性和抗病性等核心性状开展标准化鉴定,为新品种的优异性状筛选提供了关键的技术支撑。

2.2 技术驱动的创新育种模式

技术创新是突破节水抗旱稻育种瓶颈、提升品种综合性能的核心驱动力。天谷生物以自主研发为核心,通过整合并应用多种先进育种技术,构建了技术驱动的创新育种模式,形成了一系列具有自主知识产权的核心技术支撑,重点包括节水抗旱稻三交组合育种方法、节水抗旱稻恢复系培育方法、节水抗旱稻两系不育系培育方法、节水抗旱稻三系不育系培育方法等^[9-12]。这些技术从遗传改良的核心环节入手,针对性解决了节水抗旱稻新品种选育中抗旱性与丰产性协同等关键科学问题,从根本上解决节水抗旱稻品种选育难题,实现了育种效率的大幅提升和综合优良性状(如节水性、抗旱性、丰产性、品质等)的优化,为商业化育种提供了坚实的技术支撑。例如,优质高产三系杂交水稻组合早优 711 和早优 93 的选育均在以上核心技术的支撑下完成^[13-14]。

2.3 以培育“易、好、优”品种为育种目标

水稻相对于其他作物对水分需求较高,在传统灌溉模式下,水稻生产消耗的淡水量占农业总用水量的 50% 以上。我国是全球水资源匮乏国家之一,人均水资源占有量仅为世界平均水平的 1/4^[15],且农业用水供需矛盾突出,同时高温、干旱等极端天气频发,对水稻生产构成严重威胁。水资源消耗问题已成为制约水稻产业稳定发展的关键瓶颈。与此同时,现代农业发展正面临多重现实困境:农村青壮年劳动力转移导致劳动力资源短缺、部分地区水利设施不完善、农民种植积极性不足等。在此背景下,天谷生物基于农业生产实际需求与学科发展趋势,确立了培育兼具节水、抗旱、高产、优质等复合特性的

节水抗旱稻新品种的核心选育目标,同时满足现阶段农业机械生产与轻简化栽培要求。该育种目标的实施,不仅能够通过遗传改良从源头减少稻田农业用水量,还可有效降低稻田甲烷等温室气体排放,降低农业面源污染,把绿色发展理念贯穿水稻生产全过程,促进我国农业向资源节约型、环境友好型转变。

2.4 节水抗旱稻育种过程标准化与规模化

为满足节水抗旱稻育种流程标准化,实现种质资源创新到亲本生产的规范化运作。天谷生物通过组织架构优化与功能模块划分,将育种创新设置为四大部门:一是生物技术部,以种质资源创新为目标,应用现代生物技术(如分子标记辅助选择、基因编辑等)开展优异抗旱基因资源挖掘。二是品种管理和规划部,承担节水抗旱稻新品种研发的战略规划,主要包括产业需求调研与育种目标分析、编制系统性的新品种研发技术方案,以及负责新品种选育、鉴定、审定。三是质管部,基于种子质量标准化体系,构建种子扦样、田间检测、室内检测、种植鉴定和质量管控体系,确保种子质量符合国家及行业标准。四是亲繁部,主要负责亲本种子繁殖技术研究、亲本原种生产。在此基础上,为保障育种成果的规模化转化,天谷生物在全国建有 6 个主要制种基地、5 个预备制种基地。同时,配备全程机械化、自动化的种子出入库及生产加工线,形成了以节水抗旱稻制繁种为核心,融合特色生产技术、生产规范、工作方法和工作流程的规范化生产体系,为节水抗旱稻品种的高效转化与产业化推广奠定了坚实基础。

2.5 注重科企合作,提升育种效率 and 创新能力

节水抗旱稻商业化育种体系起步相对较晚,在发展过程中普遍面临种质资源不足、基础条件薄弱等问题。在此背景下,天谷生物采取“自主创新为核心、产学研合作为支撑”的发展策略,通过整合科研机构的技术优势与企业的产业化资源,构建协同创新机制,实现创新要素的优化配置与“1+1>2”的价值增值效应。在具体合作实践中,天谷生物与上海市农业生物基因中心建立长期稳定的合作关系,联合开展节水抗旱稻新品种的联合攻关,共同培育出早优 73、早优 113、沪早 61 等一系列突破性品种。其中早优 73 为代表性品种,在国内外累计推广面

积超过 73.33 万 hm^2 (1100 万亩),仅安徽省近 5 年累计推广面积就达到 35.33 万 hm^2 (530 万亩)以上,充分彰显了科企合作在品种创新与成果转化中的核心价值。针对特定生态区域的生产需求,天谷生物与重庆三峡农业科学院开展区域适应性品种联合选育,合作培育的早优 796、沪优 716 均已通过重庆市品种审定,具备良好的区域适配性。其中早优 796 经 2 年区域试验与生产试验验证,区域试验每 667 m^2 平均产量 559.9kg (比对照增产 3.7%),生产试验平均产量 578.4kg (比对照增产 5.0%),增产点率 75.0%,为西南丘陵干旱区的粮食生产提供了品种选择。为进一步拓展协同创新的广度和深度,2023 年上海天谷生物科技股份有限公司、全国农业技术推广服务中心、上海市农业生物基因中心、安徽丰大集团有限公司共同发起成立全国节水抗旱稻全产业链创新联盟。该联盟整合了科研院所、高等院校和种业企业等 65 家核心单位,建立了信息共享、资源共享、合作研究、互惠互利的创新与成果转化机制,旨在推进节水抗旱稻品种选育创新、新品种试验示范、配套技术集成熟化及全链条推广应用,为我国节水抗旱稻产业的系统发展提供了重要的组织保障和平台支撑。

2.6 注重节水抗旱稻新品种推广和产业发展

为加速节水抗旱稻新品种成果落地与产业规模化扩张。天谷生物贯彻“科技+服务”的产业化发展理念,逐步形成了覆盖国内外的节水抗旱稻新品种推广网络。在营销服务体系方面,公司建立了以 3 个事业部为核心主导,8 大区辐射国内外推广服务的营销中心体系;同时,为强化核心产区的本地化服务能力,公司在湖北、安徽、江西三大水稻主产省份设立全资子公司。在国内市场推广布局中,公司以需求为导向,针对不同生态区域的生产特点,重点推进节水抗旱稻新品种的规模化种植,形成核心产业带;在江苏、四川、贵州、海南等生态多样性区域,通过多点示范试种验证品种适应性,并深化与地方农业企业的合作机制。在海外市场方面,聚焦“一带一路”沿线国家的农业发展需求,针对性开展节水抗旱稻的试种示范工作,重点覆盖东南亚(越南、缅甸、老挝)、南亚(巴基斯坦)及非洲(乌干达、加纳、马达加斯加)等水资源约束突出、水稻生产需求迫切的区域。通过海外试种示范验证品种的生态适

应性,积累本地化种植数据,助力节水抗旱稻技术与品种的国际化。

2.7 重视自主研发人才的引进培育,壮大商业化育种专业团队

人才是商业化育种体系构建与产业可持续发展的核心驱动力,天谷生物基于长远战略规划,将高素质科研团队建设作为核心发展任务,通过人才引进、培育和激励机制,打造专业化的节水抗旱稻研发与推广团队,其本科及以上学历人员占比达 65%,并实行 90% 的员工持股激励机制,将个人发展与企业成长绑定,有效提升核心人才的稳定性与创新积极性。此外,为构建长效人才培养机制,天谷生物与上海市农业生物基因中心、华中农业大学、上海市农业科学院、安徽农业大学等科研院校建立稳定的人才培养合作关系。其中,在华中农业大学植物科学技术学院设立专项奖学金,奖学金额度达 200 万元,通过精准激励的方式吸引品学兼优的本、硕、博层次人才投身节水抗旱稻研发与推广事业,为行业人才储备注入活力。

2.8 注重研发经费投入,保障商业化育种有序开展

稳定的研发投入是提升新品种创新能力、增强核心竞争力的基础,其不仅能全面覆盖育种全流程成本支出、避免项目研发中断风险,更能加速科研成果的转化应用与技术迭代升级,为商业化育种体系的高效运转提供物质支撑。天谷生物将研发经费投入纳入核心发展规划,明确划定研发投入硬标准,年均研发投入比例不低于年种子销售收入的 5%,研发投入规模呈现持续逐年递增趋势,该部分稳定增长的研发经费精准投向节水抗旱稻种质资源创新、品种选育、成果转化推广等育种关键环节,有效支撑了节水抗旱稻商业化育种的有序推进与高效实施。

3 商业化育种模式对节水抗旱稻产业带来的效应

3.1 优质新品种的培育树立了行业标杆

节水抗旱稻商业化育种模式通过规模化、标准化、流水线式的运作方式,显著缩短了育种周期,提高了品种产出效率,实现了节水抗旱稻优质新品种的持续产出与迭代,成功培育节水抗旱稻新品种 47

个,其中20个品种通过各省市地区的品种审定,在生产中得到广泛应用。其中,早优73因兼具优异的节水抗旱特性与优质食味品质,连续入选2022年农业农村部粮油生产主导品种、2023年及2025年国家农作物优良品种推广目录“特专型”品种,同时获评天长市“十大优质好稻米”、浙江绍兴市农业主导品种,实现了品种性能与市场认可的双重突破。早优78凭借独特的节水抗旱性能与优良的推广价值,入选《广西农作物优良品种推广目录(2025年)》。早优786入选2025年浙西南第三届水稻新品种数字化展示观摩会“明星”品种。这些优质品种的培育与推广,奠定了节水抗旱稻产业的品种基础,赢得了农户的信赖。

3.2 应用领域广泛,激活边际土地价值

节水抗旱稻商业化育种体系成功加快了新品种选育到新品种落地的进程。节水抗旱稻目前已推广覆盖低洼易涝地、撂荒地、干旱半干旱田块及盐碱地等各类中低产田,其应用领域突破了传统水稻的种植边界,实现了“不毛地”向“丰产田”的转化,为激活农业边际土地价值提供了有效路径。

多地生产实践验证了其在边际土地上的应用潜力:河池市在望天田、撂荒地种植早优73,每667m²产量超500kg;肇庆市怀集县通过复耕撂荒地种植早优78,实收产量达601.06kg;长兴县泗安镇在退林还耕的低肥力、弱保水地块种植早优73,凭借节水抗旱、肥料高效利用的特性,最终实现产量560.40kg。上述案例表明,节水抗旱稻的成功应用能够有效提升我国农业边际土地的利用率与产出效益,为缓解耕地资源约束提供了重要支撑。

3.3 推广效率提升,推广面积增加

商业化育种体系通过建立完善的推广服务体系,加快了节水抗旱稻的推广速度。企业通过开展技术培训、现场指导、示范推广等多种方式,提高了农民对节水抗旱稻的认知和接受度。例如,在广西河池市,通过技术培训和示范推广,截至2025年3月,节水抗旱稻种植已覆盖全市11个县(区),推广总面积达1333.33hm²(2万亩),种植模式有旱直播旱管、旱直播水管、水播水管等;在非洲乌干达推广种植面积达4000.00hm²(6万亩),大大提高了乌干达地区的稻米产量。据统计,早优73年推广面积已超过6.67万hm²(100万亩)。

4 节水抗旱稻商业化育种体系的思考

4.1 加快推进节水抗旱稻推广和配套栽培种植技术的革新

当前我国种业企业数量众多、竞争激烈且同质化问题突出。节水抗旱稻虽具备节水、抗旱等独特核心优势,但传统水稻品种依托长期形成的种植习惯和市场认知积累,在部分区域仍占据稳定份额,形成了品种推广的隐性壁垒。这一现状要求企业建立持续性的资源投入,开展多维度、广覆盖的市场宣传与推广工作,通过技术培训、成果展示等方式逐步改变市场认知。节水抗旱稻所采用的旱直播旱管种植模式与传统水稻栽培体系存在本质差异,其技术涵盖栽培模式优化、水肥精准管理、杂草综合防控等核心内容。因此,在品种推广过程中,应系统开展旱直播技术、节水灌溉策略等配套栽培技术的科普与培训。同时,考虑到节水抗旱稻应用领域的广泛性,不同地区在土壤地质、气候特征及种植传统上存在显著差异,企业研发团队需基于本地化种植条件开展适应性研究,推动栽培技术的区域化革新,确保品种遗传潜力得到充分发挥。

4.2 加强企业自主研发能力

相较于国际种业巨头,天谷生物在前沿技术应用和基础研究方面仍存在差距,强化自主研发能力成为商业化育种体系升级的关键。一方面,持续加大研发资金投入力度,积极引进并自主研发基因编辑、分子设计育种等前沿生物技术,以精准化、高效化的育种手段替代传统经验型育种,实现优良性状的“定向培育”,进而提升育种效率和品种核心竞争力;另一方面,深化与科研院所的产学研协同创新,充分借助科研院所在基础理论研究、优异基因挖掘等领域的优势,弥补企业自身研究短板。同时,通过合作科研项目、联合人才培养等多元化路径吸纳高素质育种专业人才,构建结构合理的创新人才梯队,为商业化育种体系注入持续创新动力,实现基础研究与应用产业的深度融合。此外,积极参与国际水稻科技合作,引进国外先进技术和优异种质资源。同时,推动节水抗旱稻技术和品种的国际输出,提升国际竞争力和影响力。

(下转第18页)

作与交流,引进国外优异种质资源与先进技术,通过消化吸收再创新,提升我国种业的核心竞争力。新麦 26 的成功实践充分证明,唯有坚持自主创新,才能掌握种业发展的主动权,保障国家粮食安全与产业安全。

4 结论

新麦 26 作为我国首批鉴评的超强筋小麦品种,已成功选育出 28 个审定衍生品种和 50 余个优良品系,其在生理生化层面的优质蛋白亚基组合、碳氮代谢协同调控、抗病相关生理特征及环境适应性,使其成为我国小麦品质育种的骨干亲本之一。新麦 26 的创新利用,破解了优质与高产难以协同的技术难题,为我国种业发展提供了重要启示:未来应聚焦核心种质创新,强化优质高产协同育种,推进育种技术集成创新,完善产学研融合机制,坚持自主创新道

路,才能实现种业高质量发展,保障国家粮食安全与产业升级。随着生物技术与育种技术的不断进步,新麦 26 的种质价值将进一步挖掘,其衍生品种将在更广泛的生态区域推广应用。同时,新麦 26 的育种范式也为其他作物种质创新提供了可借鉴的实践路径,助力我国加快从种业大国向种业强国跨越的步伐。

参考文献

- [1] 董昀,王映红,盛坤,杨丽娟,赵宗武. 超强筋品种新麦 26 系谱和品质性状遗传分析. 山东农业科学,2011(5):12-13
- [2] 张清海,孙希增,刘万代. 黄淮南片小麦主要审定推广品种及其选育. 北京:中国农业科学技术出版社,2007
- [3] 孙志军,张保民,赵娟,靳蒙,郭震,郭建强. 豫北地区新麦 26 晚播高产栽培技术. 中国种业,2022(4):128-129

(收稿日期:2025-12-01)

(上接第 14 页)

参考文献

- [1] 刘国兰,余新桥,刘毅,张安宁,王飞名,罗利军. 节水抗旱稻品种选育的回顾与展望. 上海农业学报,2022,38(4):20-25
- [2] 罗利军. 节水抗旱稻的培育与应用. 生命科学,2018,30(10):1108-1112
- [3] 罗利军. 节水抗旱稻的培育与产业发展. 中国稻米,2022,28(5):14-19
- [4] 罗利军. 节水抗旱稻的概念与发展历程. 上海农业学报,2022,38(4):1-8
- [5] 周洲,张莉侠,贾磊. 农业绿色发展背景下节水抗旱稻经济效益评估. 上海农业学报,2022,38(4):146-152
- [6] 程平,高欢,万重山,赵考诚,程功,章红,方江林,赵洪阳. 节水抗旱稻的推广应用及产业发展探讨. 中国种业,2024(6):20-24
- [7] 杨国才,周雷,陈志军,刘凯,徐华山,李三和,阚雯俊,李培德,游艾青. 基于商业化育种理念的水稻育种综述. 安徽农业科学,2017,45(32):228-229,232
- [8] 杨远柱,王凯,谢志梅,秦鹏,符辰建,史勇敢. 打造企业商业化育种体系 推动水稻新质生产力发展. 中国种业,2025(5):1-6
- [9] 罗利军,张安宁,余新桥,梅捍卫,李名寿. 节水抗旱杂交稻三交组合育种方法:中国,200710178722. 6. 2010-07-14
- [10] 李明寿,罗利军,杨学龙,张雷,阚民东. 一种节水抗旱稻恢复系培育方法:中国,202010220475. 7. 2023-05-16
- [11] 李明寿,罗利军,杨学龙,张雷,阚民东. 一种节水抗旱稻两系不育系培育方法:中国,202010219664. 2. 2023-08-18
- [12] 李明寿,罗利军,杨学龙,张雷,阚民东. 一种节水抗旱稻三系不育系培育方法:中国,202010219663. 8. 2023-08-18
- [13] 李明寿,齐金岗,刘毅,李孝琼,杨学龙,陈颖,张雷,刘开强,王小姣,赵丽冰,郭嗣斌. 优质高产三系杂交水稻组合早优 93 的选育. 中国种业,2025(4):145-147
- [14] 李明寿,齐金岗,刘开强,杨学龙,张雷,李孝琼,张剑锋,楼珏,罗利军. 优质高产三系杂交水稻新组合早优 711 的选育. 中国种业,2024(8):125-127
- [15] 节能与综合利用司. 专家解读 1:推动节水装备高质量发展提升水资源节约集约利用水平. (2025-11-04) [2025-12-17]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/jns/zyjy/art/2025/art_eec94ba3a2e646388ac1c3f50c73ab9f.html

(收稿日期:2025-12-17)