打造中国南方“种业硅谷”，助力福建乡村振兴战略

——种业改革40年，福建种业发展机遇与挑战

朱永生 曹思洲 王洪飞 吴志源 黄庭旭

（福建省农业科学院水稻研究所 / 福州（国家）水稻改良分中心，福州 350018）

水稻杂种优势的利用是我国自主创新并领先于世界的重大技术，推动了世界各国尤其是东南亚国家杂交水稻的研究进展，为缓解世界粮食安全问题作出了杰出贡献[1]。种子生产是杂交水稻推广应用中一个必不可少的环节，杂交水稻制种技术的研究与发展，是杂交水稻推广应用的前提和保障。丰富的光温资源是杂交水稻制种和繁殖的首要条件，我国幅员辽阔，尤其是南方稻区适合于杂交水稻制种和繁殖的区域较多。经过多年的实践和发展，我国大致形成了几大主要的生态优势制种区，即湖南西部、贵州东部、福建西部和北部、广西西部和广东北部稻区，并有春制、秋制、夏制3种熟制；四川西部平原一季稻区主要为夏制，江苏盐城东部沿海稻区为迟夏制，华南稻区（广西、广东、福建南部，海南北部）以早春制+秋制两熟制为主，海南南部稻区主要为冬制。

福建省地处我国东南沿海低纬度地区，气候条件优越，光、温资源丰富，是水稻制种和繁殖的理想之地[2]。自1976年春首次进行杂交水稻四优2号的试制种以来，福建的杂交水稻制种历史已经持续了42年，期间风风雨雨，但从未间断，对我国杂交水稻种业发展可谓功不可没。其中，三明市建宁县是福建杂交水稻制种产业发展的缩影和代表，该县于2013年被农业部认定为国家级种子生产基地。2017年建宁县制种面积达到0.96万hm^2，占全国11.13万hm^2的8.62%，是以县为建制制种面积最大的县[3]。“北张掖，南建宁”，更是充分体现了建宁在杂交水稻制种行业中的影响力，也奠定了福建成为杂交水稻制种大省和强省的地位。尤其是在水稻调低最高保护价收购之后，杂交水稻制种成了推进农业供给侧结构性改革、稳定优化粮食产能、促进农民增收的重要抓手。2017年制种产业平均带动农民增收1200元/667m^2，制种农户人均可支配收入达到12806元，是普通水稻种植户的4~5倍。近年来，以建宁县成熟的水稻制种产业链和技术为依托，辐射带动福建三明、南平、龙岩等地区都逐渐兴起了水稻产业化制种模式，为将福建打造为中国南方“种业硅谷”添砖加瓦。种子是农业的“芯片”，是支持农业快速发展的核心技术之一，实施乡村振兴战略，产业兴旺是重点。本文分析了福建杂交水稻制种产业发展的优势、面临的问题及其对策，以期为行业发展提供借鉴。

1 福建发展杂交水稻制种产业的区位优势

两系法杂交稻是水稻杂种优势利用的重要途径之一。经过30多年探索和研究，取得了巨大成就和进展。据统计，至2016年，已有1248个两系杂交稻品种（其中国家193个、省级1055个次）通过审定，2002年至今（除2004年），杂交稻年推广面积居全国首位的均为两系杂交稻。1996–2013年两系杂交水稻占杂交水稻面积的比例由0.92%上升到33.59%，两系杂交水稻已经成为杂交水稻的重要组成部分，近年来仍有上升趋势[4]，两系杂交稻正呈现出强劲的发展势头和广阔的产业前景。

但是在两系法制种过程中，由于气候的波动，低温过程可能导致一些光温敏核不育系育性部分恢复，造成种子纯度下降甚至制种失败。一般认为，确定连续3d日平均气温低于24℃就有育性转换的危险[5]，长江中、下游地区出现盛夏低温年份便会发生杂交制种失败，全国每年因低温引起两系杂交稻种

基金项目：福建省农业科学院科技服务团队（kjfw02）；福建省农业科学院科技创新项目（PC–2018–5）

通信作者：黄庭旭

子质量事故时有发生[6]。江苏省盐城市连续多年都是两系法杂交水稻制种的重要基地(占全国60%),但是该地区处于33° N左右,夏季光照时间长、有效高温期短,2009–2015年中有4年因为温度偏低,造成大面积两系法杂交稻制种失败,损失严重[7]。而低纬度的福建省、广东省和广西区较为适合两系杂交稻的制种,3省区均有较大的杂交水稻制种面积。但无论是所处气候环境、制种技术条件还是产业链的规模和配套的完整性,福建省均具有更大的优势和发展潜力。

1.1 气象与环境优势 福建省地处我国低纬度的东南沿海,属中亚热带季风气候区,光温资源丰富,西北有闽赣边界的闽西大山带——武夷山脉、衫岭山脉,一般海拔在1000~1500m。北上的太平洋暖湿气流在此受到阻挡,使得南坡温暖湿润,四季分明,雨量充沛。另一条闽中大山带是斜贯福建全省的鹫峰山脉、戴云山脉和博平岭,平均海拔在700m以上,对其西北侧的三明、南平和龙岩市的屏障作用十分明显,有利地缓解了制种期间台风灾害的影响。此外,福建地区制种熟制类型丰富,有早制(春制)、中制(夏制)、晚制(秋制)3种稻作类型,充分满足各稻区对各种稻作类型的种子需求[8]。相对而言,广东省则地势相对平缓,又是台风危害的重发区和多发区,面临台风的侵袭没有缓冲能力,制种时不可控风险较大;广西区虽是国内水、土、热资源配合较好的地区之一,其作物种植的品种丰富,但亚热带水果及经济作物种类较多,其产值和附加值都高于水稻制种产业,因此,广西区发展杂交水稻制种产业的动力不足。

1.2 传统的技术积累和产业链优势 福建省自引入杂交水稻制种产业40多年来,已经积累了完善的行业技术并完成了多代的技术更新,同时不断建立和完善集研发、生产与销售为一体的种业产业平台。建立了以品种研发、良种繁育、种子加工、仓储、检疫检测、配送、种子信息中心等多功能平台。福建作为南方稻区重要的杂交水稻种子生产基地,尤其是闽中、闽北、闽西山区,制种历史悠久,经过多年的种子生产实践摸索,掌握和积累了丰富的种子生产管理经验,保持着较高的制种积极性,催生了一群生产经验丰富的制种农户,培养了一批掌握制种技术和丰富管理经验的制种经纪人队伍及规范化的种子专业合作社和种子生产加工企业等[8]。打造出一条集种业科研、育种、展示、评价、交易、服务于一体的高端、可持续发展的现代农作物种业产业链。

1.3 政府大力扶持 2011年以来,党中央、国务院高度重视农作物种业的发展,先后印发《国务院关于发展种业的意见》《全国现代农作物种业发展规划(2012–2020)》及《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》等文件,从国家层面上规划了我国现代种业的蓝图。近年来,现代种业的发展逐步成为推进农业供给侧改革的重要抓手和突破口,2018年1号文件强调,夯实农业生产能力基础,要加快发展现代种业,提升自主创新能力。

福建省始终坚持以国家构筑的现代种业的"四梁八柱"为指导,十分重视种业尤其是杂交水稻制种产业的发展。相继出台了《福建省人民政府关于加快推进现代农作物种业发展的实施意见》及关于支持三明市建设"中国稻种基地"6条措施,投入专项资金支持三明市杂交水稻种子产业发展,建设种业公共服务平台、种业创新试点示范及提升育繁推一体化种子企业的科技水平。此外,针对福建种业发展的关键环节,多次发文,就高标准制种基地建设、产销联合体的形成、行业规范化发展等方面进行大力的扶持,主导了福建省杂交水稻制种产业的兴起和发展。2013年福建省建宁县杂交水稻种子生产基地得到国家农业部的认可,认定为国家级杂交水稻种子生产基地,建宁县随即成立了基地管理协调领导小组,加大基地建设的管理力度,切实维护基地生产秩序,同时政府增加资金投入,加快提升基地规模化、机械化、标准化、集约化水平。

2 福建杂交水稻制种产业发展过程中面临的问题与挑战

任何一个产业的兴旺和发展都受制于"天时、地利、人和",以建宁县为代表的福建杂交水稻育种基地自建立以来得到了长足的发展,成绩斐然。这是40多年制种农民的技术积淀和政府持续重视的结果,也得益于福建得天独厚的气候、生态、地理优越条件的赐予。然而,在发展的过程中也暴露出很多现实的问题,如果政府和行业参与者不加以重视和改善,势必影响产业的持续健康发展。

2.1 规模化发展后用工集中导致的劳动力短缺矛盾 杂交水稻制种不同于普通的农业生产。某个品

种在相同区域种植其生育期是相对稳定的，栽培上对时间要求比较严格。父本和母本何时播种、移栽均具有严格的时间要求，错过时节则可能造成产量下降或者花期不遇，人为调节花期不仅增加生产成本，而且影响产量和种子质量。为了安全避开阴雨及台风天气，播种、移栽和后期的管理工作均较为集中。因此，制种产业规模化发展后对如今原本就劳动力紧张的农村而言更显得捉襟见肘，劳动力成本大幅度上升，且仍无法满足正常的生产需求，这在很大程度上制约了福建省杂交水稻制种产业的规模化发展。

2.2 土地平整度差，机械化水平有待提高 福建的地理特点是“依山傍海”，九成陆地面积为山地丘陵地带，被称为“八山一水一分田”。多数地区田块平整度较差，大面积连片的田块较少，且制种区域内往往存在一些“插花田”，给制种管理增加了难度和成本，也限制了大规模机械化的应用。此外，福建山区丘陵地带小气候环境复杂，空气湿度大，要求生产品种的适应性和易受环境影响的常见水稻病害如稻瘟病、纹枯病、白叶枯病等的抗性水平较高，否则将对制种产量造成较大影响。

2.3 保障环节薄弱，农业保险参与度不足 农业生产的环境和条件有较多的不确定性因素，尤其受天气影响较大。农业保险的参与可以较大程度上缓冲农业生产的风险。然而，对杂交水稻制种行业来说，农业保险的参与力度略显不足。如对影响种子质量的黑粉病、穗发芽及两系制种低温转育种、花期遇连续阴雨天气而降低制种产量等情况，目前均未列入到制种保险的责任范围内，导致生产农户投保积极性不高。此外，杂交水稻制种成本相对于一般的水稻生产投入较大，而农业保险的赔付率偏低，在发生灾害时，无法抵御风险，生产农户有时血本无归。

3 杂交水稻制种产业健康有序发展的对策

结合福建省杂交水稻制种中的优势条件和面临的主要现实问题，要进一步有序、健康、持续推动产业发展，把福建打造成我国南方“种业硅谷”，除了加强政府的主导和引领作用，出台和完善相应的法规细则，全面落实依法依规制种外，还需要相关企业和民间组织在提高制种的机械化、信息化水平上进行资源共享，通力协作，形成标准化的生产体系和规程，使福建杂交水稻制种的规模化、产业化水平再上一个新台阶。

3.1 完善乡规民约，落实依法依规制种 福建的杂交水稻制种产业的发展和布局在整体上虽然由政府和农业相关部门组织和主导，但在发展实施的过程中，参与的企业、协会以及一些民间组织往往起到重要的作用。如制种经纪人这个特殊的职业，在一个地区该产业尚未规模化发展起来时，经纪人对区域环境、生产条件及市场等环节均较为熟悉，对产业的发展起了积极的推动作用，也是农民、制种企业和种业公司联系的桥梁和纽带。但产业规模化发展后，制种经纪人的竞争压力加大，生存空间受到挤压，同时也会出现一些利益纷争和乱象，给企业制种增加了成本和不确定因素。因此，政府部门应当提供持续有力的保障，出台和完善乡规民约，落实依法依规制种，引导产业健康发展。

3.2 提高制种环节中的机械化、信息化水平，形成标准化生产体系 在我国，农业生产仍然是劳动密集型行业。尤其是杂交水稻制种行业，除了需要大量的劳动力之外，还要求一定的技术和文化水平，这样的青壮劳动力在如今的农村更是凤毛麟角。虽然目前生产上机械化耕地和收割已基本普及，但播种、移栽、施药、授粉等环节仍需要大量的人工参与。因此，系统研究和推广高效益的水稻全程机械化制种是杂交水稻制种产业发展提质升级的必由之路[9-10]。此外，一些轻简化的种植方式，如直播、混播制种等技术[11]及新型的杂交水稻授粉方式[12]、无人机技术在病虫害的防治[13]等方面的研究和发展也具有较大的潜力。

机械化和信息化是形成标准化生产体系的基础和保障。建立信息化智慧农业平台，对制种环境的空气温度、土壤温度、土壤墒情、辐射、湿度、风速等环境及苗情、病虫害进行实时监测，同时进行数据回馈和分析，利用数据系统再对某一时间段的指标变化再现，结合往年同期数值，利用专家经验对病虫害做到精准预测，第一时间指导制种生产，形成标准化的种子生产体系和规程，保证种子的质量。

3.3 增加生产保障力度，降低产业风险 除政府制定相应法规为生产提供有力的保障之外，农业保险还可以在较大程度上抵御农业生产过程中因自然灾害造成的损失。但是目前农业保险在福建省杂交水稻制种行业中的保障力度还有待提高。为了更好地

保障杂交水稻制种从业者的利益，应从以下3个方面将农业保险充分融入生产，为杂交水稻制种行业保驾护航。首先，要扩大保险责任范围。保障责任除了常规的自然灾害和病虫害外，还需增加因开花授粉时连续降雨或干热风、幼穗分化期高温或低温、蜡熟期连续降雨等造成的损失。其次，要提高保障程度。根据农户的保险意向，提高保额，降低费率，提供个性化保险方案，全面覆盖生产过程中的物化成本。三是创新保费筹资方式。保费分别由政府财政补贴、制种经纪人和农户三方按比例承担，既保障了制种农户的利益，又减轻了负担。

4 讨论

福建有比较稳定的杂交水稻种子生产基地，年生产面积稳定在1.20万~1.33万hm^2，其中90%的种子调往省外甚至东南亚地区，福建长期提供质量和数量稳定的杂交水稻种子，为我国乃至全球的杂交水稻产业的发展作出了巨大的贡献[2]。

福建本土企业在省内从事杂交水稻生产经营的企业有10多家，但年总经营规模只有1000万kg左右。目前为止，集研、育、繁、推一体化的大型企业寥寥无几，总体上，福建本土的种子企业经营规模偏小，科技投入不足，创新能力低，未形成具有行业影响力的自主品牌，这对于福建杂交水稻制种产业中品牌的树立、拓展和推广形成了一定的障碍。但除本省生产企业外，还有近80家省外种子企业入闽建立生产基地，虽然带动了当地种子产业的发展，同时也给制种地的种子监管带来新的机遇和挑战，尤其是在当前面临的监管技术人员缺乏、技术手段落后，许多监管措施难以落实等情况下，给规模化发展后的福建杂交水稻制种行业埋下了潜在隐患。

因此，随着福建省“中国稻种基地”建设项目的启动，须将培育重点企业、搭建科研平台、加大资金投入、完善监管措施等落到实处。尤其是在农业科技和生物技术飞速发展的今天，不断提升种业发展的科技创新能力对产业的提升具有决定性作用。要实现中国南方“种业硅谷”的奋斗目标，必须出台和完善相关法规制度，落实依法制种、持续研发和促进机械化制种技术和新型种植模式、全面建设标准化生产基地、科学规范协调高效的监督和管理、加快种业科技进步，保障和提升制种产量和种子质量。同时，科技进步和技术更新也使杂交水稻的发展面临着更多机遇，培育耐除草剂杂交水稻良种、水稻直播制种关键技术、制种田病虫综合防控、种业产业链融合创新与价值增值及种业互联网+等都是未来产业发展中可能具有突破性的课题和研究方向。

总之，在政府引导下，以市场为导向，以科技为依托，以福建省良好的水稻制种技术的积累和环境为保障，全面持续推动杂交水稻制种产业的健康发展，不仅确保了国家的粮食安全，也在为促进农民增收、推动乡村产业振兴及区域经济发展中具有重要意义。

参考文献

[1] 谢放鸣，彭少兵. 杂交水稻在国外的发展历程与展望. 科学通报，2016，61（35）：3858-3868

[2] 庄淑芳. 福建省杂交水稻种子生产基地质量监管现状与展望. 中国种业，2018（5）：42-44

[3] 陈晓星. 建宁县制种面积达14万亩产值5亿元以上.（2017-10-16）[2019-03-15]. http：//sm. fjsen. com/2017-10/16/content_20238338. htm

[4] 胡忠孝，田妍，徐秋生. 中国杂交水稻推广历程及现状分析. 杂交水稻，2016，31（2）：1-8

[5] 张翊，张水金，夏淑英，杨东，游晴如，涂诗航，郑家团，黄庭旭. 影响福建杂交水稻种子生产的气象因素分析. 福建农业学报，2010，25（3）：298-302

[6] Mou T M. The research progress and prospects of two-line hybrid rice in China. Chinese Science Bulletin，2016，61（35）：3761-3769

[7] 米甲明. 水稻籼粳杂种不育位点S5演化机制分析及广亲和基因应用研究. 武汉：华中农业大学，2016

[8] 卢福安. 建宁县水稻种子产业发展现状. 福建农业科技，2017（2）：58-60

[9] 王元伟. 全程机械化在杂交水稻制种中的应用及效益分析. 现代农业科技，2015（13）：73-76

[10] 龙章腾，刘付仁. 全程机械化是制种产业提质升级的必由之路. 中国种业，2017（11）：38-39

[11] Zhang D W. Research progress on mechanized mixed sowing seed production technology of hybrid rice. Agricultural Science & Technology，2017，18（5）：924-929

[12] 李中秋，汤楚宙，李明，罗海峰. 杂交水稻制种气力碰撞组合式授粉的花粉分布. 湖南农业大学学报：自然科学版，2015，41（3）：325-331

[13] 江武，夏志保，王仙桃，柯长青，吴爱民. 植保无人机水稻病虫害专业化统防统治应用探讨. 现代化农业，2017（4）：10-12

（收稿日期：2019-03-15）