

· 中非技术合作 ·

中国杂交水稻在非洲的技术积累 及其可持续发展*

文春晖 徐海涛

内容提要 杂交水稻技术作为缓解世界粮食短缺问题的重要工具，为中非农业合作带来了深远的积极影响。中非杂交水稻技术合作始于20世纪90年代初期，现已从杂交水稻试验示范、本土化育种初探阶段发展至本土化制种及全产业链合作初创的新阶段。由中国主导的马达加斯加杂交水稻商业化运作全产业链合作体系，不仅为马达加斯加粮食振兴计划的增产目标夯实了基础，而且为中国农业技术在非洲开展属地和商业化产业合作发挥了良好的示范和推动作用。然而，杂交水稻技术合作的复杂性使之在其他非洲国家的大面积推广面临一些挑战，具体而言，包括合作目标国农业投入不足、农田水利设施匮乏、农业技术人员缺乏、产业发展资金不足、不同政治集团的利益纷争与国际舆论环境的压力等多重制约因素。与此同时，非洲国家建立自主可控粮食安全体系的紧迫性、中非提升粮食生产战略与政策的高度契合性、中非经贸博览会创立提供的新动能，以及中非农业合作挑战因素的长期性、复杂性，使未来中非杂交水稻技术合作得以渐进性发展与深化具备了条件。

关键词 中非合作 农业技术合作 杂交水稻技术 农业技术积累 全产业链

作者简介 文春晖，湖南农业大学经济学院教授、博士生导师，中非农业合作与发展基地执行副主任；徐海涛，湖南农业大学经济学院硕士研究生。

非洲国家农业自独立以来在曲折中有所发展，但整体水平仍然偏低，尤其是粮食安全问题依然严重，目前仍在努力探索适合自身的农业现代化发展

* 本文系湖南省哲学社会科学成果评审重点项目（XSP20ZDI006）的阶段性成果。

道路。近年来，受到新冠肺炎疫情和乌克兰危机升级溢出效应的外部冲击，非洲地区的粮食安全问题的突出，相关国家通过自身努力和国际合作提升构建自主可控的粮食产业链、供应链和价值链的紧迫性增强。与此同时，当今世界百年未有之大变局加速演进，世界之变、时代之变、历史之变的特征更加明显。面对非洲等发展中地区面临的发展赤字等治理难题，中国提出了“全球发展倡议”这一中国方案，将粮食安全列入全球发展合作的八大重要合作领域^①，努力推动粮食领域国际合作，积极维护世界粮食安全。2023 年 8 月 24 日，习近平在中非领导人对话会上提出“中国助力非洲农业现代化计划”，并将“加强种业等农业科技合作”列为三大要点之一。^②

事实上，粮食领域援助一直是中国政府对外援助的一项重要内容，其中非洲是中国开展农业援助的重要地区。自 20 世纪 50 年代末至今，中非双方已开展了多种形式的互利合作，包括援建农场、农业技术实验站与推广站和其他农业基础设施、派遣农业技术专家、创建农业技术示范中心、捐赠农业物资、提供农业技术培训与知识分享等丰富内容，合作重心则是分享农业生产技术，以期提升非洲国家农业自身可持续发展能力。在这其中，杂交水稻作为中国农业技术推广重要的农业种植技术，自 1991 年开始在非洲进行首次试种以来，在推动中国与一些非洲国家农业合作中发挥了独特作用。虽然学界已经发表了大量杂交水稻在非洲一些国家示范试种、推广的文章，但系统性梳理与研究则大有深化的空间。鉴此，本文以中非农业技术合作颇具代表性的杂交水稻技术作为研究对象，阐释杂交水稻在非洲技术积累的内在机理与现实基础，梳理其在非洲的发展历程，并揭示中非杂交水稻技术合作面临的挑战与机遇，以期提升中非农业粮食体系韧性的精准合作提供思路。

一 杂交水稻技术赋能粮食产出能力的内在机理及其在非洲的适应性

美国、欧盟、日本、中国等经济体农业发展的经验表明，农业技术进步

^① 习近平：《坚定信心，共克时艰，共建更加美好的世界》（二〇二一年九月二十一日），载习近平著：《习近平外交演讲集》第二卷，中央文献出版社，2022 年版，第 382 页。

^② 习近平：《携手推进现代化事业 共创中非美好未来——在中非领导人对话会上的主旨讲话》（2023 年 8 月 24 日，约翰内斯堡），载《人民日报》2023 年 8 月 26 日。

是农业发展重要的驱动力。农业技术进步体现在农业生产技术措施、农业生产条件、农业管理技术、农业生产劳动者和管理者的技术进步等方面。其中，杂交谷物、转基因农产品新品种等方面取得的重大技术突破则会大大提高土地利用率和农产品产出效益，这一点愈加成为发展中国家解决粮食安全问题的关注点。

（一）农业技术积累与农业发展动态能力的互动关系

农业积累由活劳动积累、物化劳动积累和农业技术积累三部分组成，在现代农业发展过程中，农业技术积累逐渐成为推进农业技术进步的主要内容，是促进一国农业发展的主要动力源泉。农业技术积累指在农业生产过程中，生产者不断用先进的农业技术来代替落后的农业技术的突破性、累积性的过程，强调的是动态、非秩序性的转变。一国农业发展的技术累积可能通过向外部学习而不断推陈出新，摆脱对原有技术路径以及结构依赖，实现以技术积累促进农业产业发展的动态能力^①演进，又以动态能力支撑农业技术转型升级，最终提高农业产业链的韧性。^②

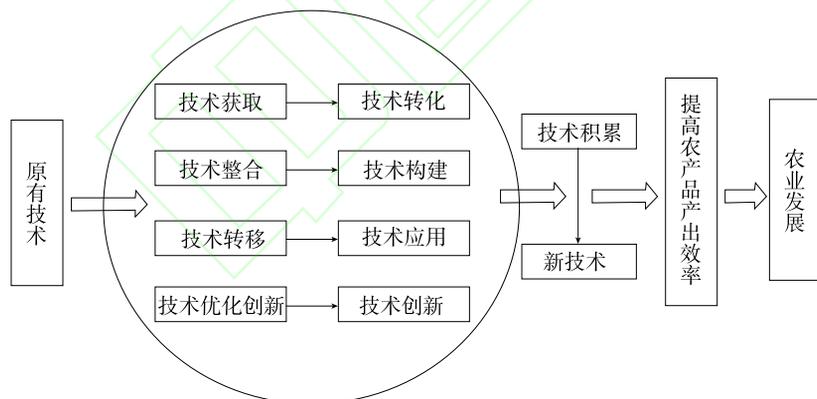


图1 农业技术积累与农业发展动态能力演进的动态关系

资料来源：笔者自制。

从图1可以看出，农业技术积累与农业发展动态能力演进的动态关系主

^① 动态能力通常指某一产业部门为持续性的整合、构建并重组其内外部资源以达到有效配置的一种灵活、弹性的能力。

^② Clayton M. Christensen, Fernando F. Suarez and James M. Utterback, “Strategies for Survival in Fast Changing Industries”, *Management Science*, Vol. 44, No. 12, 1998, pp. 207 – 220.

要包含以下两方面内容：一方面，农业技术积累是农业发展动态能力形成的核心要素。在农业技术积累的内在机制中，技术积累包含技术的获取、整合、转移和优化创新 4 个层面。一国农业发展相关部门或人员通过多种渠道将内外部的技术资源与原有技术有机融合在一起，并对所学技术不断推陈出新以解决其在整合、转移过程中所存在的问题，提升内在的技术创新能力。静态的技术积累仅对新技术起到了存储作用，而欲提升农业产业发展水平，农业领域的技术积累和其知识存量就要实现其动态化。农业部门通过合理地引进、吸收、创新、应用等方式，将新技术转化为自己的核心能力以解决现存问题，这就是一国农业发展动态能力的演进过程。^① 另一方面，农业发展动态能力的形成是技术积累的结果。农业发展动态能力的持续提升能够使之妥善应对复杂环境的变化，而农业发展动态能力的内涵实际上是以先进技术为核心的知识流。在产业链条里，一国农业部门只有具备了动态能力技术累积，才能在资源投入量（土地、劳动力、资金）既定的条件下，增加农产品的产量，增强产业链韧性，促进产业发展。杂交水稻技术的发展过程及实践效果很好地证明了上述理论的现实适应性。

（二）杂交水稻技术对中国及全球粮食安全的影响

20 世纪七八十年代，随着全球人口的迅猛增长，中国乃至世界的粮食安全面临极大压力。世界农业科学家纷纷认为，利用水稻的杂交优势提高单产是解决这一矛盾的有效途径，但真正把理论用于实践并取得实际成果的则是中国的“杂交水稻之父”——袁隆平。1964 年，以袁隆平为代表的水稻种业科技工作者们开创了杂交水稻研究。1973 年籼型杂交水稻“三系”配套成功，1975 年杂交水稻制种技术取得成功，1976 年杂交水稻开始在中国大面积推广。自 1973 年第一代三系杂交水稻诞生，中国杂交水稻育种技术已经经历了 3 个时代：第一代杂交稻是以细胞质雄性不育系的三系法杂交稻、第二代是以光温敏核不育系为遗传工具的两系法杂交稻、第三代是以遗传工程不育系为遗传工具的两系法杂交稻，杂交水稻的不断进步使中国继续保持杂交水稻研究领域的世界领先地位。1976 年至 2021 年，中国杂交水稻单产由第一批三系杂交水稻最高单产的 7.5 吨/公顷增长到第三代杂交水稻“三优 2 号”

^① Gerald Silverberg, Giovanni Dosi and Luigi Orsenigo, “Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-organizing Model”, *The Economic Journal*, Vol. 98, No. 393, 1988, pp. 1 032 - 1 054.

(单季)的16.29吨/公顷,增长率达117.2%。^①目前,中国杂交水稻种植面积占全国水稻总面积的五成多,每公顷单产约7.5吨,比常规稻增产20%左右。从推广及作用效果看,1976年至2020年,中国累计推广杂交水稻面积达6.1亿公顷,增产粮食9.15亿吨,每年因种植杂交水稻而增产的粮食可多养活8000万人口,为中国乃至全球粮食安全作出了巨大贡献。^②

“让杂交水稻覆盖全世界”是袁隆平毕生的梦想。1979年4月,袁隆平在菲律宾举办的国际水稻研究年会上发表了题为《中国杂交水稻育种》的专题报告,引起与会各国专家学者对中国杂交水稻的强烈兴趣。同年,中国农业部向美国西方石油公司赠送了1.5公斤杂交水稻种子。这些种子在美国种植后,比当地良种增产33%以上。此后,中国国家杂交水稻工程技术研究中心利用中国自有的杂交水稻育种材料和技术,在非洲、东南亚等热带国家选育出一批优质、高产、抗性强的杂交水稻组合,杂交水稻技术的传授范围不断扩展。^③杂交水稻技术走出国门40多年来,湖南杂交水稻研究中心与袁隆平农业高科技股份有限公司举办了近100期杂交水稻国际培训班,为亚非拉约80个发展中国家培养了一万余名技术人员。^④目前,杂交水稻在国外的种植面积已达800万公顷,普遍比当地水稻增产20%以上。美国科学院前院长西瑟罗纳曾说:“袁隆平院士发明的杂交水稻技术,为世界粮食安全作出了杰出贡献,增产的粮食每年为世界解决了几千万人的吃饭问题。”^⑤杂交水稻技术已在许多国家“生根开花”,正在造福全世界。

(三) 非洲国家提升粮食产量需要杂交水稻技术的助力

自20世纪70年代以来,粮食短缺一直是困扰非洲大陆的重大难题之一。从主粮结构看,非洲国家主要以消费小麦、水稻、玉米、大麦、木薯等粮食作物为主。其中,从长时段来看,非洲传统的三大主粮——小麦、水稻和玉米都存在较大供给缺口,该地区粮食不足人口占总人口的比重居世界各地

① 周勉、陈地:《第三代杂交水稻单季亩产创新纪录》,载新华网:http://www.news.cn/politics/2021-09/28/c_1127914182.htm, 2022-11-22。

② 马国辉、袁隆平主编:《超级杂交水稻亩产900千克栽培新技术》,湖南科学技术出版社,2021年版,第2页。

③ 彭既明、张其茂、袁光杰:《中国杂交水稻在几个热带国家的表现》,载《杂交水稻》2007年第1期,第72页。

④ 龙军:《中国杂交水稻造福全世界》,载《光明日报》2019年8月27日。

⑤ 辛业芸:《袁隆平:让中国杂交水稻造福世界人民》,载《中国新闻发布(实务版)》2022年第10期,第22页。

首位。根据联合国粮农组织的数据，20 世纪 90 年代，非洲地区粮食不足发生率高达 27.6%（1990~1992 年）；进入 21 世纪以来，非洲地区粮食不足发生率降速明显，由 2005 年的 20.7% 降至 2015 年的 15.8%，此后在非洲经济增速下行尤其是新冠肺炎疫情的冲击下，该地区粮食不足发生率有所增加，2021 年达到 20.2%。^① 发展农业生产、免于饥饿成为非洲国家面临的重大且长期性民生问题。

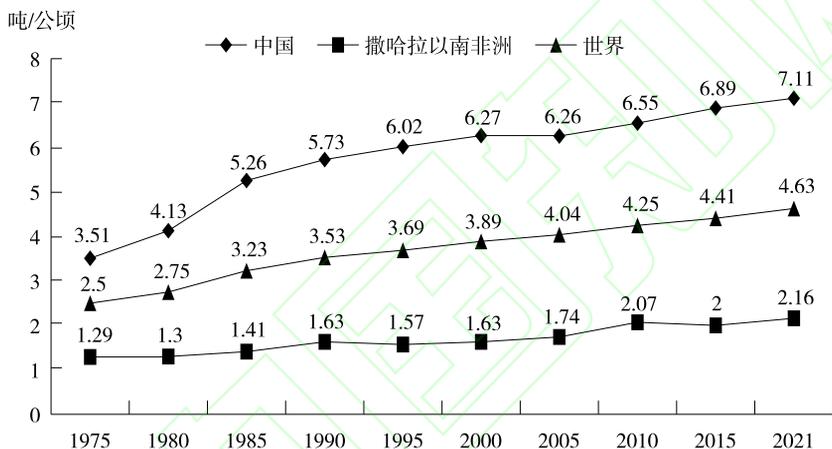


图 2 1975~2021 年中国与撒哈拉以南非洲地区水稻单产情况

资料来源：根据美国农业部海外农业局网站数据（<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>）制作。

虽然非洲粮食安全问题涉及粮食可供性、可获性、利用率以及粮食市场稳定性等多个维度，但粮食来源是否充足的状态会影响到可供消费的粮食数量，这也是导致非洲国家粮食不安全的首要致因。因此，要破解非洲国家粮食安全难题，最直接的途径就是增加粮食产量。相对于加大农资投入、扩大生产规模、改善灌溉系统等增加粮食产量路径，通过培养优良品种、提高农业技术水平以提高现有耕地单位面积产量则在非洲具有独特的经济可行性。非洲 54 个国家中有 40 个国家都生产大米，但其产量却难以满足当地需求，如图 2 所示，非洲国家水稻单产远远低于中国的平均水平，这表明中非提高

^① FAO, *The State of Food Insecurity in the World 2015*, <http://www.fao.org/publications>, 2016-08-12; FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO, *The State of Food Security and Nutrition in the World 2022: Repurposing Food and Agricultural Policies to Make Healthy Diets More Affordable*, <https://doi.org/10.4060/cc0639en>, 2022-11-22.

水稻产能合作颇具潜力。而中国在研发和推广杂交水稻种植方面的技术积累,以及在非洲各国已开展的作物品种试验与种子检测认证、传授实用技术等合作,使中国的农业技术专家能够通过与合作伙伴国建立杂交水稻良种繁育基地,开展试种、育种实验,进行种植推广,从而逐渐形成育、繁、推一体发展体系的农业生产技术动态能力演变。随着中国在非洲杂交水稻加工、运输、销售以及技术人员培训等一系列供应链流程的逐渐完善,双方合作将最大程度地延长产业链,提高附加值,促进水稻产业化经营,加快非洲现代水稻产业的发展步伐,最终助力其不断提升粮食安全水平。

二 中国杂交水稻技术在非洲的应用与推广

中国杂交水稻作为现代农业科技的重大成就之一,已经历 50 多年的创新发展,成为中国与印度、孟加拉国、越南、菲律宾、巴西、马达加斯加等国水稻生产技术合作的闪亮名片,也被联合国粮农组织列为增产粮食、解决发展中国家粮食短缺问题的首选技术。1991 年,中国杂交水稻技术走进非洲,在一些国家开展试种、本土化杂交水稻研究,经过 30 余年的发展,已在通过中非农业技术合作促进粮食安全方面进行了有益探索,积累了一些成功经验。

(一) 试验示范与本土化育种初探时期 (1991 ~ 2006 年)

经历 20 世纪 80 年代农业危机后,非洲国家的粮食安全问题在 90 年代以来面临的形势愈加严峻。中国政府根据非洲国家的需要,运用在与非洲农业合作中积累的经验,发挥农业技术、产品、人才和管理的优势,满足非洲国家发展粮食生产的迫切需求,除继续采取原有方式加强对非洲的粮食产能合作以外,也在不断探索新形式的技术合作。

至 20 世纪 90 年代初,中国杂交水稻技术已初步积累了国际化合作经验。1979 年中方首次向美国提供杂交水稻种子,拉开了杂交水稻国际化的序幕。继而,20 世纪 90 年代在印度、越南等国水稻种植中亦应用了杂交水稻技术,取得了良好效果。以此为基础,1991 年,中国杂交水稻开始在非洲进行首次试种,选择的国家是拥有充足光照、雨旱季分明且适宜杂交水稻种植的赞比亚。由于该国的地理、气候环境与中国杂交水稻种植条件相似,赞比亚的杂交水稻推广主要以直接引进杂交水稻种子为主。在赞比亚,中国技术人员试种了 9 个杂交水稻品种,都表现出很强的杂种优势,其中 1992 年参试的 7 个

杂交水稻品种比当地对照品种增产 11.0% ~ 63.8%，展现出良好的推广前景。^① 2002 年，湖南杂交水稻研究中心与中国农垦集团总公司合作，先后在西部非洲的几内亚 10 个农场也进行了杂交水稻小面积试验示范，同样获得了初步成功，水稻最高单产达 9.23 吨/公顷^②，较当地最好的常规稻品种成倍增产。^③ 2005 年 9 月，袁隆平农业高科技股份有限公司的专家在利比里亚开展了以杂交水稻试种等为主体内容的技术示范和推广培训工作，也取得了比当地水稻品种成倍增产的效果。^④

当时，在试验示范的过程中，中国科学家发现中国杂交水稻在非洲推广受到的主要限制条件并不在于当地气候和土壤与杂交水稻品种的适应性方面，而是中国与非洲各国间路途遥远，杂交水稻种子的引进成本偏高，且运输过程中集装箱温度过高等原因会严重影响种子的发芽率，而解决该问题的根本做法就是杂交水稻在非洲的制种推广。^⑤ 于是，中国与几内亚的农业合作项目针对该问题做了及时的调整和多次试验，在探索高产杂交水稻组合的同时，着手在非洲当地进行杂交水稻小面积制种。自 2004 年旱季（11 月至次年 4 月）开始，中国专家开始在几内亚博法省科巴农场开展首次杂交水稻制种试验工作，面积为 1.3 公顷，包含两个杂交水稻组合（“GY103A/GY104R”和“GY101A/GY102R”）。试验结果表明，前者的制种平均产量达 2.381 吨/公顷，后者的制种平均产量达 1.696 吨/公顷。2005 年旱季，通过对两种杂交水稻组合进行母本直播等方式的技术改良，两种组合的制种平均产量分别增长到 2.863 吨/公顷和 2.626 吨/公顷，制种试验成效明显。^⑥

总体看，在这一时期，杂交水稻技术在非洲的应用与推广处于试验示范阶段，中方通过直接引进中国杂交水稻种子进行试种并派驻中国专家进行田间工作管理，包含了品种试验和品种示范两个过程。具体而言，中方技术人员先根据试种杂交水稻种子在目标国的土壤、气候、病虫害发生状况、生态

① 徐迪新：《中国杂交水稻在赞比亚的试种报告》，载《杂交水稻》1994 年第 4 期，第 24 页。

② 彭既明：《中国杂交水稻在几内亚的试验初报》，载《杂交水稻》2003 年第 5 期，第 60 ~ 62 页。

③ 彭既明、张其茂、袁光杰：《中国杂交水稻在几个热带国家的表现》，第 73 页。

④ 晁向荣、傅蕾：《中国农业走进非洲 I 杂交水稻专家和他的非洲农民合作社》，载央广网：http://country.cnr.cn/focus/20180905/t20180905_524351433.shtml，2018 - 09 - 05。

⑤ 陈燕娟、袁国保、邓岩：《中国杂交水稻种子“走出去”的机遇、问题与对策研究》，载《农业经济问题》2011 年第 6 期，第 23 页。

⑥ 彭既明、张其茂、袁光杰：《中国杂交水稻在几个热带国家的表现》，第 74 页。

区及稻米消费偏好，从中国国内杂交水稻种子公司、科研单位收集并挑选出 10~30 个杂交水稻品种在当地进行品种比较试验，并选取目标国大面积种植的 2~3 个品种作为对照。然后，中方技术人员将品种比较试验筛选出来的较优的品种，在非洲合作伙伴国进行扩大面积种植，以期进一步验证品种的适应性，并从试验中筛选 1~2 个最适宜当地生态区种植的杂交水稻品种。

在试验示范的过程中，中国杂交水稻技术在非洲初步完成了技术的静态积累，即技术的直接获取、整合与转移，为下一阶段杂交水稻技术在非洲的技术优化与创新奠定了基础。虽然这一时期有科学家在非洲个别国家进行了制种试验，但当时还不具备大规模本土化制种的物质条件。并且，由于该时期中非农业合作处于调整期，中非双方在推动农业合作的政策支持服务体系不够完善，中国对非农业合作模式仍以农业技术推广站、合作经营项目等传统模式为主。此外，涉农援非资金投入有限等因素也掣肘了中非杂交水稻技术合作的推广。

（二）本土化制种及全产业链初创时期（2007 年以来）

进入 21 世纪，随着非洲国家经济进入新一轮增长期，各国政府均在着力推动农业领域的快速发展，努力缓解国家粮食短缺问题。2003 年 7 月，非洲农业部长会议通过了《非洲农业综合发展计划》（CAADP），该计划强调非洲国家与外部合作伙伴一道推动农业研究、促进技术推广，强化粮食安全。^① 与此相得益彰的是，在 2006 年中非合作论坛北京峰会上，中方宣布了“在非洲建立农业技术示范中心的重大举措，赋予了中非农业合作新内涵。在现已建成的 26 个中非农业技术示范中心中，喀麦隆、利比里亚、卢旺达、坦桑尼亚、刚果（金）、莫桑比克、多哥、毛里塔尼亚、安哥拉、马拉维、马里、中非共和国、赤道几内亚、马达加斯加等国的农业技术示范中心均将杂交水稻技术作为农业技术重点合作领域，为杂交水稻在非洲进行本土化制种提供了条件。其中，湖南省农业科学院和袁氏种业高科技有限公司^②（以下简称“袁氏种业”）援建的马达加斯加杂交水稻技术示范中心于 2007 年 11 月正式启动，它是中非合作论坛援非农业项目下最早启动的杂交水稻技术示范中心项目，标

^① [Http://www.caadp.net/pdf/Table% 201% 20Countries% 20with% 20Investment% 20Plans% 20ver 19. pdf](http://www.caadp.net/pdf/Table%201%20Countries%20with%20Investment%20Plans%20ver19.pdf), 2016-08-12.

^② 袁氏种业成立于 2000 年，是集杂交水稻种子育、繁、推于一体，以超级杂交水稻为核心的农业高科技龙头企业。

志着中非杂交水稻技术合作进入新阶段。

马达加斯加杂交水稻项目作为中非高质量共建“一带一路”代表性成果在第三届中非经贸博览会上展出，中国和马达加斯加在杂交水稻技术应用与推广的合作成为中非双方在此领域合作的缩影。马达加斯加杂交水稻示范中心项目经历一年时间的施工建设，2008 年袁氏种业开始参与该项目，进行杂交水稻的试验示范和品种选育工作，自此开启了中方在马达加斯加杂交水稻全产业链的建设之路。2010 年，袁氏种业马达加斯加海外子公司——袁氏马达加斯加农业发展有限公司成立（以下简称“袁氏马达”）。2012 年，袁氏种业又成立了非洲第一家由企业运营的杂交水稻研究中心——马达加斯加杂交水稻研究中心。在马达加斯加进行杂交水稻种植过程中，袁氏种业选派农业技术、营销推广、综合管理等多领域的人员，同马方技术人员一道研究并全力推广杂交水稻。^① 在推广杂交水稻种子的过程中，由于当地农民购买力不足，无法承担种子及其他农业配套设备的费用。为配合杂交水稻在该国的推广，一方面，中国政府分别于 2009 年和 2010 年向马达加斯加政府无偿援助了 56 吨杂交水稻稻种，交由当地农民试种；^② 另一方面，袁氏马达在综合考虑该国的农业生产水平、市场需求情况、农民支付能力等因素后，采用以“政府+公司+农户”模式为主、以“农业企业+小额贷款公司+农户”模式和代理销售模式为辅的运营推广模式。首先，由政府引导，公司在主要水稻种植区同农户签订协议将杂交水稻种子和部分农资以赊销的方式提供给农户，并为农户提供种植技术指导。农户在收获后，将合同约定数额的稻谷交给公司。然后，信贷机构借助其成熟的客户网络，向当地农户提供种子及配套农机、农资，农户以部分增产水稻偿还。而公司在其他水稻种植区则采用代理销售模式，由各级经销商代理销售项目所产杂交水稻种子，并负责配合项目杂交水稻在当地的推广。^③ 截至 2022 年 12 月，袁氏种业在马达加斯加累计推广杂交水稻面积已超过 7.5 万公顷。^④ 这种“1+2”的组合运营推广模式，既有效解决了当地农户农资投入不足的问题，又降低了农户的信用风险

① 袁氏种业高科技有限公司：《杂交水稻走进非洲——马达加斯加水稻推广小记》，载《湖南农业》2019 年第 4 期，第 42 页。

② 秦路、楼一平、张晨著：《援非农业项目可持续发展研究》，中国农业出版社，2014 年版，第 158 页。

③ 相关数据资料来自袁氏马达。

④ 雷鸣、张玉洁、陈晨等：《中国杂交水稻的非洲味道》，载《新华每日电讯》2023 年 10 月 7 日。

和企业的资金回收风险，同时也为打通马达加斯加杂交水稻产业链奠定了坚实的基础。

在杂交水稻技术积累方面，袁氏马达结合马达加斯加本土实际，经过 11 年的技术优化与创新，成功培育了 5 个具备高产、耐旱、耐淹、抗倒伏等优良品质的杂交水稻品种——“惟楚 901”“惟楚 902”“惟楚 902-3”“袁氏 1 号”和“袁氏 8 号”，是马达加斯加唯一一批通过政府审定的杂交水稻品种，在当地极具影响力。袁氏马达于 2019 年 4 月首次实现杂交水稻规模化制种，年生产销售杂交水稻种子 400 吨以上，年种子销售收入 200 万美元以上。在产量上，2022 年 4 月，袁氏种业在马达加斯加马义奇基地的杂交水稻高产示范种植单产达 10.5 吨/公顷^①，远高于该国水稻单产水平（2.8 吨/公顷）。除此以外，中马双方还将本土化的杂交水稻产业从育种、制种、种植延伸至加工、销售全产业链，逐步完善马达加斯加杂交水稻产业链。截至 2021 年底，袁氏种业已在马达加斯加建成了年产 6 000 吨大米的小型大米加工厂；注册了 4 个袁氏大米品牌，年生产加工袁氏品牌大米 1 000 吨以上，大米销售收入 120 万美元以上。^② 马达加斯加现已成为首个实现杂交水稻“育种—制种—种子销售—种植—稻米收购—大米加工—大米销售”的全产业链运作的非洲国家，袁氏马达还在大力加强非洲本土化的杂交水稻技术服务体系建设。2022 年，中马双方发布的两国建交 50 周年官方标志在底部采用了水稻稻穗设计元素，充分体现了杂交水稻技术合作为推动双方关系发展发挥的重要作用。

与此同时，这一时期中方在尼日利亚、几内亚、塞拉利昂、马里、塞内加尔、几内亚比绍、乌干达等十几个非洲国家开展的杂交水稻合作项目也取得了显著成效。2009 年，马里试种了中国 3 个品种的杂交水稻，试种产量分别比对照品种增产 100%、80% 和 80%；2010 年，中国杂交水稻在塞内加尔试种，产量 9.3 吨/公顷，比当地水稻增产 3 倍以上；2013 年，中国科学院中非联合研究中心在肯尼亚种植的杂交水稻品种平均产量为 6.0~7.5 吨/公顷，是当地常规品种产量的 4~5 倍。^③ 2018 年，中国还在布隆迪试点设立了首个

① 唐小晴：《特写：风吹稻香忆袁老——袁隆平逝世一周年的墓前追思》，载中国新闻网：<http://www.chinanews.com.cn/sh/2022/05-22/9760780.shtml>，2022-05-24。

② 相关数据资料来自袁氏马达。

③ 胡宇芬、周静：《杂交水稻飘香非洲》，载《湖南日报》2019 年 6 月 19 日。

“援布隆迪水稻技术减贫示范村”，杂交水稻技术帮助示范村 134 户 1 072 人全部脱贫。^① 值得一提的是，中国杂交水稻技术自 20 世纪 90 年代以来被应用到中国与国际组织或其他行为体的粮食安全合作项目中。例如，在中国与联合国粮农组织的乌干达南南合作项目中，哈吉·瓦卢戈·伊萨（Hajji Walugo Lsa）是该计划乌干达项目的受益者之一，他用 10 公斤杂交水稻播种，结合施肥、病虫害管理，收获了 25 袋大米（2 500 公斤），总产量较其他水稻品种提高了一倍。^② 又如，在尼日利亚，中地海外绿色农业西非有限公司与比尔和梅琳达·盖茨基金会在当地实施了“帮助西非国家建立水稻种植业体系”项目，采用中国杂交水稻技术培育的“伽瓦 R1 号”水稻品种，在 2022 年上半年取得了比当地品种单产增长 55% 的业绩。^③ 截至 2023 年 11 月，已有 20 多个非洲国家成功引进并种植中国的杂交水稻。

从总体上看，由于杂交水稻育种是一个连续且漫长的过程，从选育到审定一个优质杂交水稻品种至少需要 10 年时间，加上非洲国家在农业生产条件、技术水平以及农业人才方面的限制，导致目前中国在大部分非洲国家实施的杂交水稻技术合作处于试验示范及推广应用阶段，但也在马达加斯加、利比里亚等少数非洲国家实现了一定规模的杂交水稻制种，此举意义重大。由于种子实现本地化生产，从一定程度上可以消除合作伙伴国担心中国种子垄断而产生的顾虑，解决了杂交水稻种子需要从中国进口的瓶颈；同时，这也是杂交水稻技术在非洲实现技术积累并顺利转化的表现，为杂交水稻在非洲大面积推广奠定了基础。当下，随着中非农业合作的不断深化，中国科技人员正在进一步加快杂交水稻技术的非洲本土化进程，如四川杂交水稻技术专家在布隆迪已完成“川香优 506”制种相关技术资料的收集，有助于下一步本土化水稻的发展。^④ 可以预见，通过中非双方的不断努力，未来与中国进行杂交水稻技术合作并实现本土化制种的非洲国家将会越来越多。

① 林家全：《中非农业合作重在“授人以渔”》，载《经济日报》2023 年 11 月 27 日。

② FAO, “Voices from the Field: Personal Stories from the FAO - China South - South Cooperation Project in the Republic of Uganda”, <http://www.fao.org/3/ch2496en/cb2496en.pdf>, 2022 - 02 - 09.

③ 王新俊：《中国杂交水稻技术为提高尼日利亚稻米产量做出贡献》，载国际在线：http://news.china.com.cn/2022-06/05/content_78254145.htm, 2022 - 11 - 23。

④ 王利强、杨丽、段文斌、舒小丽、冯燕、邓朝扬、段其龙：《四川杂交水稻布隆迪平原区筛选试验及产业化探索》，载《四川农业科技》2022 年第 2 期，第 12 页。

三 中非杂交水稻技术合作可持续发展的挑战与前景

杂交水稻技术作为中国援助非洲主要的农业技术，为建立、重构非洲水稻产业链条提供了知识与技术基础，尽管当下其发展面临着诸多挑战，但从长远看其前景可期可待。

（一）中非杂交水稻技术合作面临的主要困难

第一，非洲各国农业投入不足。农业投入的多少直接关系到农业稳定发展问题。进入 21 世纪以来，非盟及各成员国普遍认识到了促进农业稳定发展是经济增长和减贫的关键，并以非盟为首出台了各项增加农业投入、促进农业发展的政策，其中包括 2003 年提出的《非洲农业综合发展计划》、2006 年《关于肥料促进非洲绿色革命的阿布贾宣言》（以下简称《阿布贾宣言》）、2014 年在《非洲农业综合发展计划》框架下提出的《关于加快农业增长和转型以实现共同繁荣和改善生计的马拉博宣言》（以下简称《马拉博宣言》^①），以及非盟《2063 年议程》中一系列促进农业发展的政策。上述每项文件都为非洲各国农业发展制定了相应的农业投入目标及要求，如《阿布贾宣言》中强调到 2015 年，各会员国至少要将每年化肥施用量提高至 50 千克/公顷，这一目标又在《马拉博宣言》中被延长至 2025 年。然而，截至 2018 年，非洲国家平均化肥消费量才达到 15.5 千克/公顷，按照 2015 ~ 2018 年 6.5% 的年增长速度，至少还需要 20 年才能达到《阿布贾宣言》提出的目标。为了更好地监督各国的农业政策实施进度，非盟在《马拉博宣言》中提出以每两年为一周期的农业审查监督行动。最新的第三周期《马拉博宣言》审查报告（2015 ~ 2021 年）的部分关键指标数据显示，关于《非洲农业综合发展计划》提到的各会员国农业支出需占公共支出总额的 10% 这一目标，只有布隆迪、刚果（金）、埃塞俄比亚和马里 4 个会员国达标；而其余 47 个会员国均未能达到标准，有的非洲国家甚至只有 0.1% 的农业投入。在农业研发投入方面，

^① 为进一步协调非洲国家发展农业和解决粮食供需不足难题，2014 年在马拉博召开的非盟峰会以农业与粮食安全为主题，会议通过了关于加快农业增长和转型的《马拉博宣言》，作为继《马普托宣言》（《非洲农业综合发展计划》第一个十年具体计划）之后非盟 2015 ~ 2025 年农业发展图景的进一步深化。《马拉博宣言》除了重申《非洲农业综合发展计划》的基本原则和价值以外，进一步提出并细化了问责、循证、透明度、包容性、地方所有权和领导权、辅助性、可持续性和经济可持续性几大原则，尤其是通过引入相互问责制，以期提升该计划的执行力。

《马拉博宣言》强调至少要将农业研发投入资金提高至占国内农业生产总值的 1%，而在最新审查报告中，42 个国家中只有布隆迪、刚果（金）、加纳、毛里求斯、塞舌尔、苏丹、突尼斯等 7 个国家实现了这一目标。^① 总而言之，目前非洲各国农业投入普遍不足，而杂交水稻技术的深入合作对目标国农业发展水平提出一定的要求，低水平的农业投入成为阻碍中非杂交水稻技术合作的重要因素。

第二，非洲国家农田水利设施落后。杂交水稻对水分的需求量较大，既包含生理需水，又包含了生态需水。生理需水是指供给水稻本身生长发育、进行正常生命活动所需要的水分；生态需水是指为保证水稻正常生长发育、创造一个良好的生态环境所需的水分。杂交水稻对水分要求相对严格，不同生育期的需水量不同：移栽返青期占全生育期需水量的 5.7% ~ 12.9%，分蘖期占 25.1% ~ 26.3%，拔节孕穗期占 24.3% ~ 35.1%，抽穗开花期占 9.4% ~ 17.9%，乳熟期占 9.5% ~ 13.5%，黄熟期占 6.1% ~ 9.9%。^② 其中孕穗期的水量管理尤为重要，保证孕穗期水分的足量供应有利于形成大穗，提高产量，反之则易造成穗小粒少，甚至出现不抽穗和空壳秕粒的情况。杂交水稻不同生长期严格的水量管理对目标国水资源和农田水利设施提出较高的要求。非洲淡水资源约占世界淡水资源总量的 9%，但其分布极其不均，有一半以上水资源分布在中部和西部非洲 6 个水资源丰富的国家，27 个水资源匮乏的国家仅拥有 7% 的水资源。^③ 而实际上，非洲大陆却拥有大量未经开发的地下水资源，其储量是该地区淡水资源年更新量的 100 多倍。地下水作为重要的农业用水来源，为世界 38% 的灌溉土地提供用水，是小农户重要的用水来源。在全球地下水开采份额中，亚洲占 64.5%，而非洲仅占 6.7%。^④ 匮乏且落后的农田水利设施是非洲各国无法开采并利用地下水的主要原因。在非洲 2.71 亿公顷的耕地面积中，配备灌溉设施的耕地面积仅占耕地总面积的 5.7%，且大

^① African Union, "The 3rd CAADP Biennial Review Report (2015 - 2021)", https://au.int/sites/default/files/documents/41573-doc-ENGLISH_3rd_CAADP_Biennial_Review_Report_final.pdf, 2023 - 02 - 21.

^② 马国辉、袁隆平：《超级杂交水稻亩产 900 千克栽培新技术》，第 78 页。

^③ United Nations, "The United Nations World Water Development Report 2021: Valuing Water", <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375724>, 2023 - 02 - 21.

^④ United Nations, "The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater: Making the Invisible Visible", <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>, 2023 - 02 - 21.

部分位于北非^①；撒哈拉以南非洲仅有3%的耕地具备灌溉能力，且主要集中在马达加斯加、南非和苏丹等国，而在这3%的灌溉耕地里仅有5%的灌溉面积使用地下水资源。由于缺乏农业水利投资，该地区地下水资源基本没有得到开发。落后且匮乏的农田水利设施无法根据杂交水稻生产需求及时灌溉，面对旱涝等自然灾害也束手无策，成为杂交水稻大规模生产的重大阻碍因素。

第三，农业技术人才匮乏。杂交水稻种植是一项较为复杂且系统的工作，在实际种植过程中，农户需要通过掌握壮秧培育、高产施肥、水分管理、病虫害综合防控等种植管理技术来保障杂交水稻的产量。杂交水稻技术在非洲从无到有，主要是经过参与农业援助项目的农业技术专家传入非洲的，农业技术专家通过开展实地调研、技术培训和试验示范等活动，将杂交水稻生产种植技术融入当地农业生产中，以提高粮食产量，进而缓解非洲饥饿问题。但杂交水稻实际种植过程并不顺利，一方面，非洲相当多的小农户文化水平低，长期沿袭刀耕火种和靠天吃饭的传统农业生产方式，没有接受过专业的农业技术培训，对新知识、新技术的接受能力低，很难掌握现代化农业种植技术，极大地影响了水稻的生产效率；另一方面，由于中国与非洲存在地理条件、社会、文化等重大差异，再加上非洲动植物的疾病与国内也有所差异，导致照搬中国杂交水稻种植管理经验缺乏适应本土条件的技术改进，很难满足当地的种植需求。因此，中国杂交水稻技术真正适应并满足非洲当地农业的发展，需要援外农业技术专家长期的追踪调查与实验，不断进行杂交水稻技术本土化的优化与创新。现实的情况却是，这类中国专家人才基本来自体制内，受相关政策影响，无法接受企业的聘请并长期派驻非洲进行杂交水稻推广工作，而体制外此类复合型国际农业技术推广人才又极为稀缺；再加上援外政策与制度还不完善，不同批次的援外专家在时间和工作内容上无法形成有效对接，往往导致正在进行中的项目出现断层，技术援助的有效性和可持续性面临挑战。由此，大量无法掌握水稻种植技术的农户以及复合型国际农业技术推广人才的缺失，限制了杂交水稻在非洲的进一步推广。

^① African Union, “Framework for Irrigation Development and Agricultural Water Management in Africa, 2020”, https://au.int/sites/default/files/documents/38502-doc-framework_for_irrigation_development_english.pdf, 2023-02-21.

第四，农业产业发展资金不足。仅将中非杂交水稻技术合作停留在种植示范与推广层面，无法彻底解决非洲粮食安全问题。推动非洲杂交水稻产业链发展、实现杂交水稻产业化才是中非杂交水稻技术合作的最终方式。农业产业化以农业产业链为前提，是将传统农业转变为现代产业的过程，也是农民增收的一条重要途径。^①从杂交水稻产业链来看，上游主要由种子、化肥、农药与农业机械等农资行业构成，中游主要是由进行水稻种植与生产的农户与企业构成，下游则是由将大米进行加工供食用、工业、饲用等消费用途的加工企业以及消费市场构成。与其他农业产业链一样，杂交水稻产业链同样具备投入大、周期长、回报慢等特点，产业链上每一个环节的发展都离不开资金的支持，而资金支持不足已成为制约非洲杂交水稻产业发展的重大问题。首先，非洲各国政府对农业部门的财政支持较少。政府财政支出是农业公共性投资项目的来源，对社会农业投入具有重要的导向作用，而非洲国家财政支农资金投入普遍较少，大量农业基础设施不足，杂交水稻产业发展缺乏基础支撑。其次，农民对农业生产资料的投资能力较弱。非洲国家普遍贫困，撒哈拉以南非洲超半数人口处于贫困状态，这意味着非洲大部分农民无力承担购买优质杂交水稻种子以及租赁使用农业机械设备的支出，直接导致杂交水稻生产环节受限。此外，作为构建杂交水稻产业链的另一核心主体，非洲农业企业的发展也面临资金短缺的困境。一方面，非洲本土农业企业自身实力不强，没有足够的资金实力和管理能力来建设杂交水稻产业链条；另一方面，整个非洲的农业金融体系不发达，加之政府对农业企业的激励措施不完善，非洲农业企业的融资渠道不畅通，进一步限制了非洲杂交水稻产业的发展。

第五，不同政治集团的利益纷争与国际舆论环境的压力，也给中非开展杂交水稻技术合作带来困扰。长期以来，非洲的外援提供方既包括欧美发达国家或其主导的国际组织，也包括中国、印度等发展中经济体。相较于西方发达国家在非洲有早期的殖民历史作为政治、经济和文化合作的基础，中国援助非洲的时间相对较晚，传统影响力较弱。再加上西方国家用炮制的“债务陷阱”“资源掠夺论”“中国威胁论”等不实之词抹黑中国，这一定程度上

^① 赵绪福、王雅鹏：《农业产业链、产业化、产业体系的区别与联系》，载《农村经济》2004 年第 6 期，第 45 页。

影响了中非合作的开展与深化，这种负面影响也不可避免地传导至中非农业技术合作领域。需要指出的是，发达国家在非洲拥有一套成熟的农业援助体系和战略布局，且在非经营时间长、投入大，从而带来一定的垄断效应；与之相反，中国援非的政策与制度还在进一步摸索和完善中，农业援助的策略与规划还有待进一步改进与加强。这些都给中非杂交水稻技术合作带来一定的挑战。

（二）中非杂交水稻技术合作可持续发展前景

中国杂交水稻技术进入非洲已 30 余年，越来越多的非洲国家认可并积极参与种植杂交水稻的实践，在该技术的支持下，非洲许多国家局部地区的水稻产量实现了翻倍增长，助力当地破解粮食安全难题。尽管当前中非杂交水稻技术合作仍然面临着一些困难，但随着中非农业合作机制与条件的不断完善，中非杂交水稻技术合作将得以持续深化。

第一，乌克兰危机等外部突发性风险进一步提升了非洲国家建立自主可控粮食安全体系的紧迫性。2022 年，新冠肺炎疫情还未散去，叠加乌克兰危机的爆发，全球粮食、食用油以及国际能源价格大幅上涨，农业生产成本也随之上升。根据国际货币基金组织的数据，2020~2022 年非洲的主食均价飙升了 23.9%，是自 2008 年全球金融危机以来的最高水平；肯尼亚、乌干达和坦桑尼亚等国的化肥价格在 2022 年翻了一倍多。^① 这次危机的发生使非洲国家面临饥饿和粮食不足的人口大幅上升，也让非洲国家充分意识到“粮食安全必须在自己土地上解决”的硬道理。2023 年 2 月，在第 36 届非盟峰会上，非盟农业、农村发展、蓝色经济和可持续环境部（ARBE）专员约瑟法·莱昂内尔·科雷亚·萨科（Josefa Leonel Correia Sacko）表示，乌克兰危机对非洲粮食安全产生的重大不利影响表明非洲仍然依赖其他国家的农业生产，非盟和非洲开发银行正在合作启动“紧急粮食生产设施计划”，生产价值 14 亿美元的谷物。非盟农业、农村发展、蓝色经济和可持续环境部部长古德弗雷·巴希古瓦（Godfrey Bahiigwa）认为，中国在短时间内实现了农业模式的转变和粮食安全的保障，是非洲国家学习的典范。非盟委员会正在加快开展中非农业合作的具体工作，希望借鉴中国在农业生产力和粮食安全领域的先进经

^① Bitsat Yohannes - Kassahun, "One Year Later: The Impact of the Russian Conflict with Ukraine on Africa", <https://www.un.org/africarenewal/magazine/february-2023/one-year-later-impact-russian-conflict-ukraine-africa>, 2023-05-30.

验和技术，推动非洲农业的现代化发展。^① 联合国粮农组织总干事屈冬玉在 2022 年“杂交水稻援外与世界粮食安全”会议上表示，粮农组织正在通过非洲稻米发展联盟开展合作，加快杂交水稻技术引入非洲的步伐，促进非洲地区稻米生产系统发展，以应对粮食安全挑战。^② 不断深化的以粮食安全为核心的中非农业合作成果，将帮助非洲农民改善民生，减少饥饿以及贫困孳生，进而优化中非杂交水稻技术合作舆情环境。

第二，中非双方提升粮食生产的战略与政策高度契合，为中非杂交水稻技术合作提供了广阔的发展空间。提升粮食产量、保障粮食安全是中国与非洲各国农业发展的根本任务。一方面，除了上文提到的《非洲农业综合发展计划》《阿布贾宣言》《马拉博宣言》、非盟《2063 年议程》等政策文件外，非盟还制定了《非洲灌溉发展和农业用水管理框架》《增加对非洲农业研究的投资》《非洲种子部门现状报告和十年行动计划（2020~2030 年）》等一系列行动战略，以增强非洲农业部门的发展韧性，提高粮食产量。利比里亚农牧渔业部因中国杂交水稻高产的试种效果，将稻谷产量计划由 2010 年的 20 万吨增加到 2025 年的 40 万吨；坦桑尼亚制定了水稻增产计划和措施，计划大规模采用改良种子和现代灌溉方式提高水稻产量，力争在 2030 年实现产量翻番；布基纳法索、尼日利亚等国也在积极加大对水稻产业的投资和政策扶持。另一方面，中国始终高度重视发展中非关系，中非全面战略伙伴关系正处于历史最好水平。中非合作论坛、中非经贸博览会等合作机制运行良好并不断完善，对中非农业合作发挥了引领和助推作用。当下，中国积极推动“一带一路”倡议、“全球安全倡议”“全球发展倡议”和“全球文明倡议”的落实，并与联合国 2030 年可持续发展议程、非盟和非洲各国农业发展政策对接，为中非农业合作提供了政策保障和指引。中非双方通过共同编制《中非农业现代化合作规划》，构建中非农业科研机构“10+10”机制，实行农业产业促进行动，打造减贫惠农工程等一系列措施，有利于加快推进非洲农业现代化。中非发展基金、中国—联合国粮农组织南南合作信托基金等资金平

^① 《非盟官员表示：非洲粮食安全因俄乌冲突面临巨大挑战》，载央视网：<http://tv.cctv.com/2023/02/18/VIDE1QV2ZXvYA7jUfLnpNlti230218.shtml>，2023-02-22。

^② 《联合国粮农组织总干事屈冬玉在“杂交水稻援外与世界粮食安全”国际论坛上的视频致辞》，载中国国家国际发展合作署网站：http://www.cidca.gov.cn/2022-11/16/c_1211701583.htm，2022-11-16。

台为中非农业合作项目提供资金支持，助力当地农技人才培养。而且，中国将继续援建特克泽水电站（埃塞俄比亚）、麦罗维大坝（苏丹）等综合性水利基础设施，由此逐渐改善非洲国家水利基础设施状况。中非杂交水稻技术合作一系列利好政策付诸实践，有助于在一定程度上破解中非农业合作难题。

第三，中非经贸博览会等新平台的创立和运行为中非杂交水稻技术合作注入了新动能。中非经贸博览会是习近平主席在第七届中非合作论坛部长级会议上宣布的中非合作“八大行动”的重要举措，为中非经贸合作搭建了全方位、深层次的新平台。截至2023年7月，中非经贸博览会已成功举办3届，中非双方累计签约项目339个，累计金额达540亿美元，涵盖贸易、投资、农业、制造业、基础设施等多领域。中非稻作发展研讨会在首届中非经贸博览会期间举行，会议以“稻作学术研讨及杂交水稻技术在非洲地区的推广应用”为主题，吸引了国内外500余名稻作专家以及联合国粮农组织、国际水稻所等国际机构的积极响应。时任国际稻作发展论坛理事会主席袁隆平在会议上郑重宣布：“我们将每年派出青年科学家前往非洲相关国家，从事杂交水稻的科研、推广、普及工作，薪火相传老一辈农业科技工作者的衣钵，继续帮助非洲国家发展农业和水稻，提高粮食产量。”^①同时，中国国际经济技术交流中心、国家杂交水稻工程技术研究中心、非洲联盟、联合国南南合作办公室、联合国粮农组织、比尔及梅琳达盖茨基金会、非洲绿色革命联盟等7家单位联合发布了“关于加强中非水稻领域南南和三方合作的倡议”。该倡议聚焦中国水稻产业发展经验与非洲水稻产业的本地需求，为中非水稻产业合作战略和非洲国家水稻产业发展指明了方向。在此倡议下，中非稻米价值链合作研讨会于2021年正式创办，至今已成功举办3届，研讨会通过南南合作为中非稻米价值链相关各方提供一个开放性平台，围绕水稻生产、稻米仓储、加工和营养等关键环节，为非洲稻米价值链发展提供创新解决方案和良好实践，推动中非在水稻领域的务实合作。可以说，中非经贸博览会、中非稻米价值链合作研讨会等新平台正持续为中非杂交水稻合作注入了新动力，不断推动并夯实中非杂交水稻技术合作。

第四，基于中非农业合作挑战因素的长期性、复杂性，中非杂交水稻技

^① 俞慧友：《袁隆平：让杂交水稻在非洲扎根》，载科技日报网：http://ydyf.china.com.cn/2019-07/02/content_74943541.htm，2023-03-15。

术推广具有国别精准性和渐进性。就精准性而言，非洲农业发展受地理条件、自然灾害、殖民历史、经济状况、消费习惯等因素影响，水稻、小麦、玉米、木薯等主粮种植地域、国家有所差异。基于此，以水稻为主粮的非洲国家，且将良种作为提高水稻产能的国际农业合作抓手（如利比里亚等国^①），它们与中国在分享杂交水稻技术方面的合作诉求与空间很大，中国可以优先选取这些国家与之开展杂交水稻技术合作，提升当地水稻单产水平，并形成一定的示范效应。就渐进性而言，如前所述，掣肘中非杂交水稻技术合作的负面因素，如农业资金投入不足、农技人才匮乏、水利灌溉设施供不应求、农民贫困等问题的破解并非一蹴而就。非洲有 54 个国家，各国农业发展政策导向、农业生产要素（包括以土地和水为代表的自然资源、劳动力、劳动资料等直接生产要素，以及资金、技术、教育、管理等间接生产要素）发展水平不一，这些国家在杂交水稻技术的采用与推广效率上体现出较大差异性，中国需要因地制宜采取稳妥和渐进的方式促成合作目标，这对杂交水稻技术合作的灵活度提出一定要求。另则，杂交水稻育种是一项复杂而耗时的工作，但其成果对非洲粮食安全和农业可持续发展至关重要，中国杂交水稻技术在非洲国家的落地生根需要中非双方的通力合作与持续努力。

四 结语

中非农业技术合作是由农业技术转移到农业技术积累，然后通过助力合作目标国农业产业动态能力建设，最终提升非洲国家农业发展水平的过程。杂交水稻技术作为联合国粮农组织指定的解决世界粮食短缺问题的首选举措，是中非农业技术合作的重要内容，为建立、重构非洲水稻产业链条提供了知识、技术基础，为解决非洲粮食安全贡献了中国方案。自 1991 年中非开展杂交水稻技术合作以来，中国农业专家在非洲多个国家进行试验示范及推广工作均取得了良好效果，为非洲传统水稻技术的优化和升级提供了渠道，提高了非洲水稻的产量和产出效率，也成为打通非洲水稻产业链的重要手段。近年来，中方陆续在马达加斯加、利比里亚等国实现了杂交水稻制种，并成

^① 安春英：《中非粮食安全共同体的应然逻辑与实践路径》，载《中国非洲学刊》2022 年第 3 期，第 48 页。

功帮助马达加斯加打造了非洲首个杂交水稻全产业链体系，实现了中国杂交水稻在该国的完整技术积累和杂交水稻产业动态能力的建设，为中国农业技术在非洲开展属地和商业化产业合作提供了良好的示范和推动作用。中国杂交水稻在非洲取得的成就有目共睹。2022年11月12日，由中国国家国际发展合作署、农业农村部、国家粮食和物资储备局共同主办的“杂交水稻援外与世界粮食安全”国际论坛在北京举办，非洲国家的外交官盛赞杂交水稻技术，期待中国和非洲的农业合作持续深入进行。

自20世纪80年代以来，撒哈拉以南非洲一直是全球人口增长最快的地区。根据联合国《2022年世界人口展望》的预测，到2050年，撒哈拉以南非洲的人口数量将翻一番，占据全球人口增量的一半以上^①。面对庞大的人口增量，要满足非洲国家2050年的粮食需求，北非国家的农业产量需要在2015年的基础上增加34%，撒哈拉以南非洲国家则需要增加112%。然而，从粮农组织公布的数据来看，2015~2021年，非洲三大主粮产量（小麦、玉米、水稻）年均增长率仅有1.32%，依然面临着巨大的粮食缺口。从理论和现实来看，中非杂交水稻技术合作之路任重道远，中国杂交水稻技术在非洲推广和可持续发展除了前文探讨过的自然基础条件、农业技术等硬条件之外，还受文化认知、双边政策等软条件的制约。当前，中非杂交水稻技术合作广度和深度从由以点带线逐步扩充到以线扩面的新阶段，推动技术合作的政府力量逐步减弱，企业创新动力逐步增强，产业链上端的合作社组织和产业链下端的加工、应用和推广前景可期。未来，中方需要加强杂交水稻技术积累的非洲国别研究，因国施策，在继续加强中非杂交水稻技术合作的基础上，注重杂交水稻在非技术推广体系建设和产业竞争力提升，打破以往以单一点或线为核心竞争优势与欧美抗衡的战略思维，努力推进杂交水稻技术在非洲的本土化与可持续发展，提升非洲农业综合生产能力及现代化水平，提高非洲农业粮食体系韧性，以“授人以渔”和“共同发展”的思维和格局促进世界粮食安全、产业安全与资源安全。

（责任编辑：詹世明 责任校对：樊小红）

^① United Nations Department of Economic and Social Affairs, “World Population Prospects 2022: Summary of Results”, https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf, 2023-12-07.

Key words: Middle East security; Israel; cumulative deterrence; deterrence by punishment; deterrence by denial; the Palestinian–Israel conflict

Technical Accumulation of Chinese Hybrid Rice in Africa and Its Sustainable Development

Wen Chunhui & Xu Haitao

Abstract: As an important tool to alleviate the problem of food shortage in the world, hybrid rice technology has brought a far-reaching positive impact on China–Africa agricultural cooperation. China–Africa hybrid rice technical cooperation began in the early 1990s, and has now developed from the stage of hybrid rice experimental demonstration and localized breeding to the new stage of localized seed production and the start-up of the whole industry chain cooperation. The hybrid rice whole industrial chain system established by China in Madagascar has effectively alleviated the problem of food shortage in the country, and plays a strong promotion and demonstration role in the transformation and upgrading of China–Africa agricultural technology cooperation. However, the promotion of hybrid rice technical cooperation faces challenges because of the complexity of hybrid rice technology, specifically, including insufficient agricultural investment, lack of farmland water conservancy facilities, lack of agricultural technology talents, insufficient funds for the development of industrial chain, conflicts of interests among different political groups and pressure from the international public opinion environment. But at the same time, the urgency for African countries to establish an independent and controllable food security system, the high compatibility of strategies and policies to improve food production in China and Africa, the new momentum provided by platforms such as the China–Africa Economic and Trade Expo and the long-term and complex challenges of China–Africa agricultural cooperation will promote and deepen the gradual development of China–Africa hybrid rice technical cooperation.

Key words: China–Africa cooperation; agricultural technology cooperation; hybrid rice technology; agricultural technology accumulation; whole industry chain

(责任编辑:李文刚 责任校对:樊小红)