

湖南农业院士丛书



马国辉 袁隆平
——主编

超级杂交水稻亩产900千克 栽培新技术

CS 湖南科学技术出版社

2020年湖南省重大主题出版项目



湖南农业院士丛书

2020年湖南省重大主题出版项目

超级杂交水稻亩产900千克 栽培新技术

主 编——马国辉 袁隆平

副主编——魏中伟 吴朝晖 龙继锐 黄思娣

编 者——

李建武 黄志农 宋春芳 周 静 文吉辉

图书在版编目 (C I P) 数据

超级杂交水稻亩产 900 千克栽培新技术 / 马国辉, 袁隆平主编. —
长沙: 湖南科学技术出版社, 2021. 12 (湖南农业院士丛书)
ISBN 978-7-5710-1174-1

I. ①超… II. ①马… ②袁… III. ①杂交—水稻栽培IV. ①S511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2021) 第 173235 号

CHAOJI ZAJIAO SHUIDAO MUCHAN 900 QIANKE ZAIPEI XIN JISHU

超级杂交水稻亩产 900 千克栽培新技术

主 编: 马国辉 袁隆平

出 版 人: 潘晓山

责任编辑: 李 丹

文字编辑: 任 妮

出版发行: 湖南科学技术出版社

社 址: 长沙市芙蓉中路一段 416 号泊富国际金融中心

网 址: <http://www.hnstp.com>

邮购联系: 0731-84375808

印 刷: 长沙超峰印刷有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址: 长沙市宁乡县金洲新区泉洲北路 100 号

邮 编: 410600

版 次: 2021 年 12 月第 1 版

印 次: 2021 年 12 月第 1 次印刷

开 本: 710mm×1000mm 1/16

印 张: 11.5

字 数: 153 千字

书 号: ISBN 978-7-5710-1174-1

定 价: 50.00 元

(版权所有·翻印必究)

前 言

粮食安全是关系到国计民生的重大问题，因此需要进一步强化单位土地面积上更高的粮食生产能力。水稻是中国的第一大粮食作物，超级稻产量持续突破，是我国水稻科技进步取得的最重要成果，实现水稻超高产是保障国家粮食安全的重要技术支撑。

自1996年我国农业农村部立项了“中国超级稻育种计划”以来，经过水稻科研工作者持续二十多年的联合攻关，选育了一批具有不同产量潜力的超级稻品种，创造了一个又一个高产纪录。其中，由湖南杂交水稻研究中心袁隆平杂交水稻创新团队分别于2000年、2004年、2012年和2014年实现了“百亩方”平均亩产700千克、800千克、900千克、1000千克的攻关目标，使中国的超级稻育种及栽培技术居国际领先地位。

为了进一步发挥超级杂交稻高产相关技术成果作用，我们组织参加超级杂交稻高产攻关多年的相关科研人员共同编写了《超级杂交稻亩产900千克栽培新技术》，全面梳理和汇集了超级杂交稻亩产900千克栽培技术研究的新成果，重点介绍超级杂交稻品种特征特性、超级杂交稻壮秧培育技术、超级杂交稻超高产施肥技术、超级杂交稻超高产水分管理技术、超级杂交稻超高产群体质量设计栽培、超级杂交稻高产高效栽培技术模式、超级杂交稻气候生态适应性评价、超级杂交稻超高产典型案例分析、超级杂交稻主要病虫害综合防控技术等内容。

本书文字简单明了，内容通俗易懂，使该书具有较强的可读性和可操作性，可供科研人员、农业技术推广人员和广大稻农在研究和示范推广应用中参考，是一本科学性、先进性与实用性强的水稻栽培技术手册。

由于时间仓促和作者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者
2021年8月

目 录

第一章 概况	1
一、杂交水稻发展历程	1
二、超级杂交水稻发展历程与现状	2
三、杂交水稻发展战略	4
四、超级杂交稻超高产实践与案例	7
第二章 超级杂交稻品种特征特性	9
一、超级杂交稻品种类型	9
二、超级杂交稻品种生物学特征特性	12
第三章 超级杂交稻壮秧培育技术	53
一、培育壮秧的作用及壮秧的标准	53
二、种子处理与浸种催芽	54
三、超级杂交稻的育秧技术	56
四、机直播技术	59
五、植物生长调节剂在超级杂交稻育秧中的应用	60
六、机插秧育苗	62
第四章 超级杂交稻超高产施肥技术	64
一、南方稻田肥力现状与特点	64
二、高产稻田肥力特征	66

三、肥料的分类与作用	68
四、高产水稻养分吸收与需肥规律	71
五、水稻的施肥量与统筹方法	74
六、超级杂交稻配方施肥技术	76
第五章 超级杂交稻超高产水分管理技术	78
一、超级杂交稻需水规律	78
二、超级杂交稻水分管理原则	78
三、晒田的作用与方法	80
四、超级杂交稻水分管理技术	81
第六章 超级杂交稻超高产群体质量设计栽培	86
一、水稻主要生育阶段的划分	86
二、水稻产量构成要素的确定时间	88
三、超级杂交稻超高产群体质量设计	95
第七章 超级杂交稻高产高效栽培技术模式	97
一、超级稻亩产900千克超高产栽培模式	97
二、超级稻亩产1000千克超高产栽培模式	100
三、超级杂交稻节氮栽培模式	103
四、超级杂交稻抗倒栽培模式	106
第八章 超级杂交稻气候生态适应性评价	109
一、超级杂交稻对纬度适应特性	110
二、超级杂交稻对海拔适应特性	111
三、超级杂交稻耐高温特性与适应性差异	113

第九章 超级杂交稻主要病虫草害综合防控技术	126
一、病害防控技术	126
二、虫害防控技术	135
三、草害防控技术	146
四、植保无人机施药技术	154
第十章 超级杂交稻超高产典型案例分析	160
一、云南省个旧市超高产攻关关键技术	160
二、湖南省隆回县百亩攻关片超高产攻关关键技术	162
三、河南省光山县超级杂交稻万亩高产攻关片关键技术	164
参考文献	169

第一章 概 况

一、杂交水稻发展历程

1964年袁隆平开始研究杂交水稻，1966年袁隆平根据其研究结果在《科学通报》第四期发表了《水稻的雄性不孕性》论文，提出了“三系”配套利用水稻杂种优势的育种设想。

在袁隆平的带领下，通过社会主义大协作，1973年杂交水稻实现了“三系”配套，即：细胞质雄性不育系、保持系和恢复系配套。1974年，培育出第一个杂交水稻组合，1975年杂交水稻制种技术取得成功，标志着我国成为第一个大面积商业化推广应用杂交水稻的国家。

基于杂交水稻“三系法”理论和野败细胞质雄性不育材料(WA)的交流与利用，1972年颜龙安育成了珍汕97A，1980年谢华安育成了恢复系明恢63，并成功培育出强优势组合汕优63。汕优63从1986年起连续15年成为我国杂交水稻种植面积最大的水稻品种，单年最大种植面积曾超过1亿亩(1亩 \approx 666.7平方米，全书下同)。随后，朱英国和周开达选育成了红莲型杂交稻和冈型、D型杂交水稻，进一步丰富了我国杂交水稻育种理论。

1976年我国开始大面积推广三系法杂交水稻，取得巨大的增产作用。1976年全国种植杂交水稻208万亩，仅占当年水稻种植面积的0.4%，1977年上升到3100万亩，占当年水稻种植面积的5.8%，1983年突破1亿亩，占当年水稻种植面积的20.3%，1990年突破2亿亩，占当年水稻种植面积的49.8%，1991年以来杂交水稻种植面积稳定在2.4亿亩左右，占水稻种植面积的60%以上。

随着高产栽培技术的研究与配套，杂交水稻单产也逐年提高。1976年杂交水稻单产为280千克/亩，1977年达到358.9千克/亩，1983年突破400千克/亩，1988年达到440千克/亩，以后稳定在450千克/亩左右，比常规水稻增产75千克/亩以上。

据不完全统计，1976年至2020年，45年来我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，为我国粮食安全作出了重要贡献。

继三系杂交水稻成功推广应用后，两系法杂交水稻以其更大的增产潜力、更优的米质和更强的抗性而发展迅速。两系法杂交水稻自1995年研制成功以来，种植面积不断增加，如1995年，两系法杂交水稻种植面积仅109.5万亩，到2001年，上升到4000万亩，占杂交水稻种植面积的17.2%；2003年，两系法杂交水稻种植面积上升到4950万亩，80多个光温敏核不育系和100多个两系杂交组合通过审定并应用于生产。一般来说，两系法杂交稻较目前的三系法杂交稻增产5%~10%。据不完全统计，1993—2012年，全国累计推广两系法杂交稻共4.9909亿亩，增产稻谷110.99亿千克；其中，2010—2012年推广面积达到1.5926亿亩，增产稻谷35.907亿千克。

二、超级杂交水稻发展历程与现状

1981年日本首先在世界上提出实施水稻超高产育种计划，计划用15年时间，到1995年育成比当时推广品种增产50%的超高产品种，但因难度太大，且技术路线不妥，至今没有实现。20世纪90年代初，国际水稻所启动了“水稻新株型育种”项目，计划到2005年育成具有12吨/公顷潜力的超级稻。该计划的提出和实施在国际上引起了强烈反响，美国记者以“Super Rice”（即超级稻）为题在国际上予以报道，由此水稻超高产育种被称为“超级稻”育种。此后，世界各主要水稻生产国竞相提出并实施自己的“超级稻计划”。

中国农业农村部于 1996 年启动了中国超级稻两阶段发展计划，确定了攻关目标。以长江流域中稻为例，第一期目标是从 1996 年到 2000 年，育成能在“同一生态区两个点连续两年百亩示范片单产达 700 千克/亩的超高产水稻品种（组合）”，且抗两种主要病虫害，主要米质指标达部颁二级优质米标准；第二期目标是到 2005 年，育成大面积单产 800 千克/亩，抗两种以上病虫害，主要米质指标达到部颁一级优质米标准的超级稻。为实施这一计划，国家有关部门组织了全国多家农业科研单位协作攻关。目前，中国在超级稻育种方面已取得了巨大成功并居国际领先水平。以一季稻为例，我国于 2000 年、2004 年、2011 年先后实现了中国超级稻研究的第一期（700 千克/亩）、第二期（800 千克/亩）和第三期（900 千克/亩）的育种目标。

超级稻分超级常规稻品种和超级杂交稻组合两大类。超级稻从优势水平、品质、耐肥性等方面可分为两类：一是产量特高、品质较优、耐肥性很强的耐肥型超级稻，二是产量高、品质优、适应性强的广适型超级稻。

我国从“九五”开始启动超级稻育种项目，通过广大水稻科研人员的协助攻关，到 2020 年，已育成了一批经农业农村部确认的超级稻品种（组合）。

其中，籼型三系杂交稻 48 个，如国稻 1 号、丰源优 299、D 优 527、天优 998、珞优 8 号等；籼型两系杂交稻 42 个，如两优培九、准两优 527、Y 优 1 号、株两优 819、扬两优 6 号等；粳型三系杂交稻 1 个，如辽优 1052。

此外，按照农业农村部认定“超级稻”品种的规定，一些已认定为“超级稻”的品种，因其推广面积达不到要求（个别是推广时间过长，其面积减少）而退出“超级稻”冠名，如丰优 299、两优培九、辽优 5218、Ⅲ优 98 等。

为充分发挥超级杂交稻的增产潜力，袁隆平院士于 2006 年提出了“超级杂交稻‘种三产四’丰产工程”的粮食增产战略设想，运用现有超

级杂交稻技术成果，用 3 亩田产出 4 亩田的粮食，大幅度提高现有水稻单产和总产，提高农民种粮经济效益，确保国家粮食安全。袁隆平院士的这一战略设想获得了湖南省政府的大力支持，2007 年至 2016 年连续 10 年将“超级杂交稻‘种三产四’项目”作为湖南省重大专项，项目实施取得了巨大的经济效益和社会效益，为湖南省粮食持续稳定增长、现代农业和新农村建设作出了重大贡献。

基于超级杂交稻高产攻关示范的重大成果与生产实践中水稻单产存在 30% 以上的产量差距，袁隆平院士又于 2014 年提出了“三一”粮食高产科技工程，即在南方高产区，周年产粮食 1200 千克/亩，实现“三分田养活一个人”的产量目标（按周年产 1200 千克/亩，即每三分田产粮 360 千克，国家粮食安全指标，即每人每年需粮食 360 千克）。“三一”粮食高产科技工程于 2017 年被正式设立为湖南省重大专项，项目的实施为湖南省粮食总产增产、农民增收发挥了重要作用。

三、杂交水稻发展战略

我国是世界上第一个将杂种优势成功应用于水稻的国家，并且杂交水稻的育种技术也处于国际领先水平。然而事物的发展是无止境的，事物的发展规律总是呈螺旋形上升的。

袁隆平院士于 1987 年提出了“杂交水稻的发展战略”，即：从育种方法上分，杂交水稻育种可分为三系法、两系法和一系法三个发展阶段，朝着程序上由繁到简而效率越来越高的方向发展；从杂种优势水平上分，杂交水稻育种可分为品种间、亚种间和远缘杂种优势利用三个发展阶段。杂交水稻的育种，从育种方法和杂种优势水平出发，有三个战略发展阶段，而每进入一个新阶段都是一次新突破，从而将水稻的产量推向一个更高的水平。

1. 杂交水稻育种方法的发展

(1) 三系法。即不育系、保持系和恢复系“三系”配套。三系法是选

育杂交水稻新组合的经典方法。但三系法也存在育种程序和生产环节较复杂、选育周期长等主要问题。主要表现在：一是种子生产程序繁琐；二是受恢保关系限制，育出高产、优质、抗性强的杂交稻组合的概率较低；三是产量徘徊不前；四是缺乏高产、优质、熟期较早的杂交早籼组合和高产、优质的杂交粳稻组合。

(2) 两系法。即只涉及两个亲本的杂交水稻，广义上分为光温敏核不育系法和化学杀雄法两种。现在通常所指的是前者。1973年发现的水稻光敏核雄性不育材料，1987年发现的温敏核雄性不育材料，这两个光、温敏核不育材料的发现是水稻育种上的又一次突破，使杂交水稻的发展跨入一个新阶段。这些材料基本上分为两类：一类是以农垦 58s 为代表的光敏型核不育材料，这种核不育系的雄性不育主要受一对隐性核基因控制而与细胞质无关。这类材料在长日高温条件下表现为雄性不育，在短日低温条件下表现为雄性可育；另一类是以安农 s-1 为代表的温敏型核不育材料，这类材料在高温条件下表现为雄性不育，在较低的温度条件下表现为雄性可育。

两系法杂种优势利用只需要两个育种材料，即光温敏核不育系和恢复系，即可生产杂交种子。由于某种原因光温敏核不育系能一系两用，与三系法相比两系法就少了一个繁种环节。更为有利的是，光温核不育材料由隐性核基因控制，遗传行为简单，理论上讲，任何优良的育种材料都可能培育成光温敏核不育系，而且水稻种质资源中，98%以上的育种材料都可用作两系法中的恢复系，这就大大提高了选配杂交组合的自由度，从而也就大大增加了选育优良组合的概率。目前，已成功选育出了一批实用型光温敏核不育系，如培矮 64s，Y58s。成功培育出一批两系法中晚稻组合，如两优培九、淮两优 527、Y 两优 1 号等，完全掌握了光温敏核不育系的繁殖技术和两系法杂交组合的制种技术。

(3) 一系法。即培育不分离的 F_1 杂种，将杂种优势固定下来，免除制种，这是长远的战略目标。

2. 杂交水稻优势水平的提高

从杂种的优势水平上分, 杂交水稻育种可分为品种间、亚种间和远缘杂种优势利用三个发展阶段。

(1) 品种间杂种优势。目前生产上应用的杂交水稻主要属此范畴。20 世纪 70 年代, 我国就是利用此类杂种优势使我国水稻在矮化育种后又取得重大突破, 普遍可增产 20% 以上。然而由于品种间的亲缘关系较近, 杂种优势利用有较大的局限性。

(2) 亚种间杂种优势。籼稻、粳稻和爪哇稻为普通栽培稻的三个亚种。由于籼粳亚种间遗传差距较大, 籼粳亚种间杂交种具有巨大的产量潜力。直接利用强大的籼粳亚种间杂种优势是育种工作者多年来梦寐以求的愿望, 但难度大, 主要问题是杂种结实率偏低。但日本科学家池桥宏等人的研究, 揭示了籼粳不亲和性和由此引起的杂种结实率低的本质。现在, 已基本找到并掌握了攻克这个难关的方法和材料, 成功利用籼粳杂种优势。

(3) 远缘杂种优势。远缘杂交可在一定程度上打破稻种之间的界限, 促使不同的基因交流。作为一种育种手段, 目前主要用于引进不同种属的有用基因, 从而改良现有的品种。远缘杂交水稻特别是有异属基因的杂交水稻, 可能具有人们今天还难以想象的强大优势, 远缘杂种优势的利用却是更加困难, 但从生物技术的发展来看, 它的实现并非没有可能。利用无融合生殖和借助遗传工程, 可能是培育远缘杂交水稻最有希望的途径和方法。

上述三种育种方法之间和三种优势水平之间存在着一定的内在关系。三系法主要适用于选育品种间杂交组合, 选育亚种间组合固然可以, 但难度较大。两系法对选育品种间和亚种间组合均适用, 但用于亚种间杂交则能更好地发挥其优越性。至于远缘杂种优势利用, 三系法和两系法均能利用个别有利的远缘基因, 但通过一系法来利用, 则可能产生更好的效果。

事物的发展无止境。袁隆平院士于 2018 年进一步提出了“杂交水稻

五代发展战略”。杂交水稻经历了从第 1 代以细胞质雄性不育系为遗传工具的三系法杂交水稻到第 2 代以光温敏雄性不育系为遗传工具的两系法杂交水稻的快速发展，目前正在研究攻关以普通核雄性不育系为遗传工具的第 3 代杂交水稻。同时，他认为杂交水稻发展的战略，将沿着第 4 代 C₄ 型杂交水稻和以利用无融合生殖固定水稻杂种优势的第 5 代杂交水稻的方向不断向前发展。

四、超级杂交稻超高产实践与案例

自 1996 年我国启动“中国超级稻研究”以来，超级杂交稻的研究进展迅速，并取得重大突破。1997 年，由国家杂交水稻工程技术研究中心与江苏农科院共同选育的超级杂交稻先锋组合——培矮 64s/E32，在江苏 3 个点小面积试种 3.6 亩，平均亩产高达 884 千克；2002 年，由国家杂交水稻工程技术研究中心选育的超级稻组合两优 293 在龙山县示范种植 127 亩，平均亩产 817.3 千克；准两优 527 于 2004 年在湖南省桂东县和汝城县两地百亩示范，平均亩产分别达 842.1 千克和 809.2 千克；2005 年，国家杂交水稻工程技术研究中心的超级稻苗头组合 T98A/RB207-1，在湖南省隆回县金石桥镇作一季中稻栽培，经湖南省农业委员会组织验收测产，小面积亩产达 902.2 千克。2011 年 9 月 18 日，国家杂交水稻工程技术研究中心培育的 Y 两优 2 号，在湖南省隆回县羊古坳乡雷锋村百亩片攻关示范，面积 107.9 亩，经农业农村部组织专家测产验收平均亩产达 926.6 千克，率先实现了中国超级稻计划的第三期育种目标。

随着超级稻项目不断推进，一系列超高产典型实例也不断出现，如福建农业科学院选育的 II 优航 1 号在尤溪县创造了 928.3 千克/亩的高产实例；中国水稻研究所选育的协优 9308 亩产达 818.8 千克，创浙江省水稻单产最高纪录。2014 年湖南省溆浦县“Y 两优 900”百亩连片平均亩产达到 1026.7 千克，见表 1-1。

表 1-1 超级杂交稻超高产典型实例

超级杂交稻品种/组合	地点	验收组织单位	实测产量/(千克/亩)
两优 293	湖南隆回百亩片	湖南省农业委员会	809.9
准两优 527	湖南桂东百亩片	湖南省农业委员会	842.1
准两优 527	湖南汝城百亩片	湖南省农业委员会	809.2
协优 9308	浙江永昌百亩片	中国农业农村部	818.8
Y 两优 1	湖南隆回百亩片	中国农业农村部	926.6
II 优 7954	浙江开化百亩片	浙江省科学技术厅	882
中浙优 1 号	浙江开化百亩片	浙江省科学技术厅	816
国稻 6 号	浙江富阳百亩片	浙江省科学技术厅	842
II 优明 86	福建尤溪百亩片	福建省农业委员会	847.4
II 优航 1	福建沙县百亩片	福建省农业委员会	883.07
Y 两优 900	湖南溆浦百亩片	湖南省农业委员会	1026.7
湘两优 900	河北邯郸百亩片	河北省科学技术厅	1149.0
II 优明 86	云南永胜百亩片	福建省科学院	1196.5
湘两优 900	河南光山千亩片	河南省农业委员会	913.9

第二章 超级杂交稻品种特征特性

一、超级杂交稻品种类型

自 1996 年农业农村部、科技部立项“中国超级稻育种及栽培技术体系研究”科技计划以来，我国超级稻育种取得了重大进展，育成了一批产量高、米质优、抗性好，适于我国不同生态区域的超高产水稻品种（组合）。全国农技推广中心组织专家制定了超级稻品种确认的标准，每年组织相关专家对符合标准的水稻品种进行评审。自 2005 年起，截至 2020 年，经专家评审，农业农村部办公厅认定，累计向全国推荐了 197 个超级稻确认品种，其中 64 个品种因审定年份早而退化或推广面积达不到超级稻标准被取消“超级稻”冠名（表 2-1）。

表 2-1 农业农村部认定的超级稻品种一览表

年份	品种名称（标*为已取消“超级稻”冠名的品种）
2005 年	协优 9308*、国稻 1 号*、国稻 3 号*、中浙优 1 号、丰优 299*、金优 299*、Ⅱ优明 86、Ⅱ优航 1 号*、特优航 1 号*、D 优 527*、协优 527*、Ⅱ优 162*、Ⅱ优 7 号*、Ⅱ优 602、天优 998、Ⅱ优 084*、Ⅱ优 7954*、两优培九*、准两优 527*、辽优 5218*、辽优 1052*、Ⅲ优 98*、胜泰 1 号*、沈农 265*、沈农 606*、沈农 016*、吉粳 88、吉粳 83*。
2006 年	松粳 9 号*、铁粳 7 号*、龙粳 14 号*、龙稻 5 号*、吉粳 102 号*、垦稻 11 号*、甬优 6 号*、桂农占、中早 22*、武粳 15*、两优 287、株两优 819、Y 两优 1 号、培杂泰丰*、新两优 6 号、黔南优 2058*、一丰八号*、Q 优 6 号、天优 122*、金优 527*、D 优 202*。
2007 年	宁粳 1 号*、淮稻 9 号*、千重浪 2 号*、辽星 1 号、楚粳 27、龙粳 18*、玉香油占、新两优 6380、丰两优 4 号（皖稻 187 号）、内 2 优 6 号*、淦鑫 688*、Ⅱ优航 2 号*。