

超级杂交水稻 制种技术

Chaoji Zajiao Shuidao
Zhizhong Jishu

刘爱民 肖层林 主编



中国农业出版社

超级杂交水稻 制种技术

CHAOJIZAJIAOSHUIDAOZHIZHONGJISHU

刘爱民 肖层林 主编

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

超级杂交水稻制种技术/刘爱民, 肖层林主编. —
北京: 中国农业出版社, 2011. 12
ISBN 978-7-109-16311-9

I. ①超… II. ①刘…②肖… III. ①水稻—杂交育
种 IV. ①S511.035.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 241022 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 舒 薇

文字编辑 吴丽婷

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行
2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月北京第 1 次印刷

开本: 850mm×1168mm 1/32 印张: 6.125

字数: 148 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

我国自 1996 年立项超级稻育种计划以来, 2000 年实现了亩*产 700 千克的第一期超级稻产量目标, 2004 年实现了亩产 800 千克的第二期超级稻产量目标, 2011 年实现了亩产 900 千克的第三期超级稻产量目标。至 2010 年, 我国已认定的超级杂交水稻品种达 40 多个, 年种植面积已达到 5 000 多万亩。由此表明, 中国超级杂交水稻研究与应用进展顺利, 超级杂交水稻的理论与技术水平仍然处于国际领先地位, 对确保中国粮食安全和国民经济发展具有十分重大的意义。

在超级杂交水稻组合中, 以两系法超级杂交水稻组合为主, 如第一期目标代表组合是两优培九, 第二期目标代表组合是两优 0293、Y 两优 1 号等, 第三期目标代表组合是 Y 两优 2 号。据 2010 年全国农业技术推广服务中心统计, 年种植面积 100 万亩以上的大多是超级杂交水稻组合, 种植面积 400 万亩以上的均是两系法超级杂交水稻组合。随着第三期超级杂交水稻育种目标的实现, 超级杂交稻的种植面积将快速扩大, 对超级杂交水稻种子的需求量亦将

* 亩为非法定计量单位。1 亩 $\approx$ 667 米²。——编者注

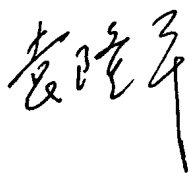
不断增加。因此，超级杂交水稻安全高产制种是快速推广超级杂交水稻的保障。

超级杂交水稻之所以能实现育种目标，主要是在水稻杂种优势利用理论与技术上实现了两项创新：一是塑造了超级杂交水稻群体高光合效率的超高产株形；二是部分利用了籼粳亚种间的杂种优势。由于超级杂交水稻亲本的遗传背景比较复杂，在不同生态环境下，亲本的生育期特性、育性转换特性、开花授粉特性、种子形成发育特性等方面表现均有差异，因而对制种产量和种子质量影响较大，导致制种技术难度加大。我国在超级杂交水稻育种的同时，对超级杂交水稻的制种也进行了协作攻关，取得了显著成就。2010年我国超级杂交水稻制种面积已达到30多万亩，制种单产平均约160千克/亩，高产达到250千克/亩以上，种子质量符合国家标准。由此，建立了超级杂交水稻安全高产稳产制种基本理论与技术体系。

《超级杂交水稻制种技术》一书凝聚了许多从事超级杂交水稻制种技术研究与应用的技术人员的智慧与贡献。在编写过程中，国家杂交水稻工程技术研究中心、湖南农业大学、湖南隆平种业有限公司等单位给予了很大关怀和支持，编写人员付出了辛勤劳动。该书在概括30多年杂交水稻制种理论与技术进步的基础上，重点总结了近10年来超级杂交水稻安全高产稳产制种理论与技术的研究成果与实践经验。内容全面、系统，重点突出，专业性强，对超

序

级杂交水稻制种具有较强的理论与技术指导价值，特向从事杂交水稻育种与制种的科研人员、技术人员及相近专业师生推荐作为参考书。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '袁连平' (Yao Lianping), with a long vertical stroke extending downwards.

2011年10月

目 录

序

第 1 章 超级杂交水稻研究与应用概述	1
1 超级杂交水稻组合选育与应用进展	1
2 超级杂交水稻制种技术的探索	4
3 超级杂交水稻制种展望	7
3.1 杂交水稻制种基地组织管理方式展望	7
3.2 杂交水稻制种技术展望	9
第 2 章 制种生态条件选择技术	11
1 雄性核不育系的温光反应特性	11
1.1 雄性核不育系的温光反应类型	11
1.2 育性转换临界温度	11
1.3 育性转换温度敏感期及敏感部位	12
1.4 花粉败育与自交结实	13
2 超级杂交水稻制种基地与季节的条件	13
2.1 气候条件	14
2.2 生产条件	16
2.3 社会条件	16
3 超级杂交水稻制种基地与季节的协调安排	16
3.1 三系法杂交水稻制种基地与季节安排	16
3.2 两系法杂交水稻制种基地选择与季节安排	18

第3章 父母本花期相遇调控技术	23
1 父母本播种期及播差期安排	23
1.1 父本播种期数安排	23
1.2 父母本播差期安排	25
1.3 父母本播差期调整	27
2 父母本秧龄期确定	28
3 花期预测与调节技术	29
3.1 花期预测方法	30
3.2 花期调节技术	37
第4章 父母本群体培养技术	42
1 田间种植方式的设计	42
1.1 父母本行比确定	42
1.2 行向确定	43
1.3 父本种植方式	43
2 父母本群体结构目标	46
2.1 父本群体结构与制种产量的构成	46
2.2 母本群体结构与制种产量的构成	46
3 父母本群体结构定向培养技术	47
3.1 父本育秧技术	47
3.2 母本育秧技术	48
3.3 母本直播与苗期管理技术	49
3.4 制种大田父母本培养技术	51
第5章 父母本异交态势的改良与授粉技术	54
1 “九二〇”喷施技术	54
1.1 “九二〇”喷施时期的确定	55
1.2 “九二〇”用量的确定	56

目 录

1.3 “九二〇”喷施次数与时间的确定	58
1.4 “九二〇”喷施时加水量的确定	58
1.5 父本喷施“九二〇”	59
1.6 “九二〇”养花	59
2 割叶技术	60
2.1 割叶的时期	60
2.2 割叶程度及割叶后管理	61
3 人工辅助授粉技术	61
3.1 人工辅助授粉的必要性	61
3.2 人工辅助授粉的时间与次数	62
3.3 人工辅助授粉的工具与方法	63
第6章 杂交水稻种子质量标准与检测技术	65
1 种子纯度检测	65
1.1 纯度意义及其标准	65
1.2 种子纯度鉴定	66
2 种子发芽率测定	67
3 种子含水量测定	68
4 种子净度分析	69
5 种子裂颖粒率分析	70
5.1 种子裂颖的表现	70
5.2 裂颖种子对种子质量的影响	71
6 种子穗萌穗芽粒率分析	72
6.1 种子穗萌芽现象	72
6.2 种子穗萌芽原因	73
7 稻粒黑粉病粒率分析	74
7.1 稻粒黑粉病的表现	74
7.2 稻粒黑粉病发生的原因	74

第 7 章 杂交水稻制种质量控制技术	76
1 杂交水稻制种纯度控制技术	76
1.1 使用高纯度的亲本种子	76
1.2 制种田的前作处理与隔离	77
1.3 田间除杂	78
1.4 适时收割	78
2 种子净度与发芽率控制技术	80
2.1 及时干燥	80
2.2 精选加工与贮藏	80
2.3 穗萌穗芽控制	81
3 稻粒黑粉病的防治	82
3.1 安排开花授粉至种子成熟期的天气影响	83
3.2 培育稳健的母本苗架	83
3.3 适时适量使用“九二〇”	83
3.4 药剂防治	84
4 两系法杂交水稻制种纯度监控	84
4.1 选择育性安全期制种	84
4.2 育性安全的判断与种子纯度的估算	88
第 8 章 超级杂交水稻制种技术研究与实践	92
1 温敏核不育系株 1S、陆 18S 的主要特征特性观察	92
1.1 亲本生育期特性与形态特征	92
1.2 育性表现	93
1.3 异交特性	95
1.4 对“九二〇”的敏感性	96
2 两系杂交早稻新组合株两优 819 高产制种技术	97
2.1 亲本特征特性	97
2.2 制种技术要点	98

3	两系杂交早稻新组合陆两优 996 高产制种技术	100
3.1	亲本特征特性	101
3.2	高产制种技术	101
4	超级杂交稻丰源优 299 超高产优质制种技术	105
4.1	亲本的主要特征特性	105
4.2	超高产优质制种技术	106
5	T 优 300 稳产高产优质制种技术	109
5.1	亲本的特征特性	110
5.2	主要制种技术措施	111
6	协优 9308 高产制种技术	113
6.1	亲本特征特性	113
6.2	高产制种技术	114
7	杂交水稻 II 优 084 母本早育抛秧高产制种技术	118
7.1	亲本特征特性	119
7.2	抛秧制种增产原因	119
7.3	早育抛秧制种技术	120
8	优质高产杂交稻新组合天优 998 制种技术	122
8.1	父母本特征特性	122
8.2	父母本播差期安排	123
8.3	培育高产群体结构	123
8.4	适时适量喷施“九二〇”	124
8.5	加强病虫害防治	124
8.6	严格去杂, 保证种子纯度	125
9	两优培九在湖南高产制种技术研究	125
9.1	材料与方法	126
9.2	结果与分析	126
9.3	结论	130
10	准两优 527 在桂南高产保纯制种技术	131
10.1	亲本特征特性	132

10.2	高产保纯制种的主要技术措施	133
10.3	小结	137
11	超级杂交水稻组合 Y 两优 1 号优质高产制种技术	137
11.1	亲本特征特性	137
11.2	主要制种技术	138
11.3	质量监控措施	140
12	超级杂交稻两优 0293 在桂南安全超高产制种技术	141
12.1	亲本特征特性	142
12.2	安全超高产制种技术	143
附录 1	名词术语	150
附录 2	两系杂交水稻制种技术规范	155
主要参考文献		180

□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □

1 超级杂交水稻组合选育与应用进展

然而，如何进一步提高水稻的产量，培育更高产水稻品种，成为 20 世纪 80 年代以来水稻育种研究新的重点、热点和难点。日本在 1980 年提出了水稻超高产育种计划，要求在 15 年内育成比原有品种增产 50% 的品种。国际水稻研究所 1986 年提出了“超级稻”育种目标，1989 年提出了超级稻（后改称为新株型育种）计划，到 2005 年育成比现有品种增产 20%~25% 的超级稻。由于超级稻育种的技术难度较大，日本和国际水稻研究所至今尚未实现超级稻育种目标。袁隆平院士在《杂交水稻超高产育种》一文中指出，水稻超高产育种迄今并没有一个统一的标准和严格的定义，认为超级稻育种指标应该以单位面积的日产量而不是绝对产量为标准，

从而提出了每公顷日产 100 千克的超级杂交水稻育种目标。

袁隆平院士提出的超级杂交水稻育种目标，受到党和政府的高度重视。中国农业部于 1996 年设立了“中国超级稻育种”项目，计划在 2000 年育成亩产能达到 700 千克、2005 年培育出亩产达到 800 千克的超级水稻组合。1998 年朱镕基总理在袁隆平院士的立项报告上亲笔批示，“全力支持超级杂交稻的研究”，并拨专款 1 000 万元予以支持。同年，农业部组织专家对超级杂交水稻立项报告进行论证，正式立项后成立了由国家杂交水稻工程技术研究中心主持的全国协作攻关课题组，正式启动了我国超级杂交水稻全国协作研究攻关项目。

中国超级杂交水稻育种目标制定以后，袁隆平院士根据多年研究所得到的理论与积累的技术、实践经验，提出了超级杂交水稻育种的技术路线，将水稻籼粳亚种间杂种优势及远缘优势基因的利用与优良的植株形态相结合。从理论上分析，籼粳亚种间杂交水稻比品种间杂交水稻可增产 30% 以上。超级杂交水稻优良株型具体指标为：株高 100 厘米左右，其中秆高 75 厘米，分蘖力中等，株型适度紧凑，上部 3 片叶长、直、窄、凹、厚，穗型下垂。这种株型的主要特点是高冠层、矮穗层，即“叶下禾”。高冠层能增加植株的光合面积，提高光能利用率；矮穗层降低植株的重心，提高植株的抗倒性。这种理想株型的高产模式是：每公顷的穗数为 270 万以上，单穗重 5 克左右，收获指数为 0.55（稻谷与稻草的比例），日产量为 100 千克/公顷。

按照袁隆平院士制定的株叶形态改良与提高杂种优势水平相结合的技术路线，在已有的水稻杂种优势利用基础上，中国超级杂交水稻育种研究进展很快。国家杂交水稻工程技术研究中心和美国康奈尔大学合作，从野生稻中鉴定出两个能显著增产的数量性状位点（QTL），每个位点具有可增产 18% 左右的潜力。国家杂交水稻工程技术研究中心的科研人员将稗草的 DNA 导入水稻品系育成的稗稻组合具有较高的增产潜力和较强的抗稻瘟病的能

力。相继育成了超级杂交水稻先锋组合，并研究了相应的制种与栽培配套技术。中国农业部对超级稻的验收标准是：同一品种在同一生态条件下，连续两年连片种植面积100亩以上达到超级稻育种目标。1999年我国有14个百亩片、1个千亩片，2000年有16个百亩片、4个千亩片亩产达到700千克以上。实现了农业部制定的“中国超级稻育种”项目中的中稻育种的一期目标。2001年，以两优培九为主的超级杂交水稻种植面积达到1700万亩，2002年达到2700万亩，平均亩产超过600千克。

中国超级杂交水稻第二期亩产800千克育种目标原计划到2005年实现，在2001年首届国家最高科技奖的颁奖大会上，袁隆平院士向中央领导和全体代表表示，中国超级杂交水稻超育种的二期目标可提前一年实现。2003年，湖南有一个杂交早稻和5个杂交中稻百亩示范片达到了超级杂交水稻二期产量目标，2004年湖南继续开展超级杂交水稻生产示范，实现了百亩示范片亩产800千克的二期目标，提前一年实现中国超级稻育种第二期目标。2006年开始了第二期超级杂交水稻的推广。按每年推广1亿亩计算，比原有推广的杂交水稻组合每亩增产150千克，可增产粮食150亿千克，可解决7000万人口的粮食问题。

农业部制订的超级稻标准（表1-1），以单位面积产量与日产量为主要标准，且兼顾稻米品质标准，将超级稻分为广适型和耐肥型两类。广适型以在区域试验中的产量表现为依据，在区域试验中较对照（同熟期品种、组合）增产8%及以上的品种（组合）称为广适型超级稻。耐肥型则以高肥水平种植，充分发挥其产量潜力而表现超高产的品种（组合）称为耐肥型超级稻。截至2008年底，农业部认定了62个超级杂交水稻组合，这些组合在不同生态类型稻区种植。按稻作生态型分类，有籼型超级杂交水稻和粳型超级杂交水稻，籼型杂交稻包括超级杂交早稻、晚稻、中稻和一季晚稻。按育种方法分类，有两系法超级杂交水稻和三系法超级杂交水稻。

表 1-1 中国超级杂交水稻标准

区 域	长江流 域早稻	长江流 域早稻	长江流域 中熟晚稻	华南早晚兼用稻 长江流域迟熟晚稻	长江流域 一季稻	长江上游 迟一季稻
生育期 (天)	≤105	≤115	≤125	≤132	≤158	≤170
百亩片产量 (千克/亩)	550	600	660	720	780	850
品质	南方晚籼稻达到部颁 3 级米及以上标准, 南方早籼和一季稻达到部颁 4 级米及以上标准					
抗性	抗当地 1~2 种主要病害					
示范面积	品种审定后 2 年内有 1 年生产示范面积 5 万亩以上					

至 2008 年止, 湖南省共审定并认定了 20 个超级杂交水稻组合 (两优培九、两优 0293、两优 389、准两优 527、金优 299、丰源优 299、T 优 640、T 优 300、T 优 272、T 优 372、科优 21、资优 1007、株两优 02、株两优 819、株两优 30、陆两优 996、Y 两优 1 号、C 两优 396、湘华优 7 号、Y 两优 7 号), 其中两系法杂交组合 13 个, 三系法杂交组合 7 个; 超级杂交早稻 4 个 (全为两系法组合), 超级杂交中稻或一季晚稻组合 13 个 (6 个为两系法组合)。

在实现了超级杂交水稻第二期育种目标前提下, 袁隆平院士又提出了超级杂交水稻第三期育种目标。在技术路线上继续采用水稻籼粳亚种间杂种优势及远缘优势基因的利用与优良的植株形态相结合, 在方法上采用分子育种和常规育种相结合的途径, 计划到 2010 年, 培育出亩产 900 千克的第三期超级杂交水稻, 再一次大幅度提高水稻的单产, 为保障中国的粮食安全, 缓解世界的粮食供求矛盾, 做出新的更大的贡献。

2 超级杂交水稻制种技术的探索

超级杂交水稻的制种与现有的一般杂交水稻制种比较, 在制

种的程序与技术环节上基本相同。但是，由于超级杂交水稻在亲本选育中，较多地将籼稻、粳稻和爪哇稻混合血缘聚合以及多类型不育基因聚合，亲本表现生育期温光特性较敏感，植株高大，穗大粒多，着粒密度大，分蘖力强且成穗率较低，穗期花期较分散等特性，群体稳定性较差，对制种的生态适应性较窄。同时，由于多数超级杂交水稻是两系法杂交组合，所以超级杂交水稻制种主要是两系法杂交水稻制种。光敏不育系和温敏不育系的育性表达对光、温条件的要求具有较严格的选择性，增加了制种的技术难度。主要体现在制种区域和基地选择的局限性较大，制种季节的安排要求严格，对父母本定向异交栽培技术措施要求较高。不同类型的超级杂交水稻需选择不同的稻作生态区域制种。实践证明，水稻光温敏不育系育性转换起点温度与日长具有“遗传漂移”现象，为了保证两系法杂交水稻制种的纯度安全，必须严格按照不育系核心种子生产程序与方法生产和繁殖不育系种子，才能保证制种能使用育性转换起点温度与日长相对稳定一致的不育系种子。

两系法杂交水稻制种经历了技术摸索阶段、提高阶段、相对稳定阶段，现正向技术改革方向阶段发展。1990年以前，由于对两系法不育系的育性转换特性的认识不足，无论粳型和籼型两系法不育系，其不育性都被认为是光敏核不育特性。在制种技术上以考虑育性敏感期的光照长度为前提，从制种基地的纬度出发，安排不育系的育性敏感期的安全。1989年7月底8月初，长江中、下游地区出现了日均温 23.5°C 的异常低温天气，籼型不育系出现了较严重的不育性波动，产生了较高的自交结实率，从而产生了“温敏核不育”概念。当时已有的籼型温敏核不育系的育性转换起点温度均高于 24°C ，在制种过程中均发生了不育性波动，所产种子的纯度几乎均不合格。1991年，湖南杂交水稻研究中心育成了育性转换起点温度 23.3°C 的温敏核不育系培矮64S，用培矮64S选配了培两优特青、培两优288、培杂山青、