

福建 稻作研究与实践

◎ 肖承和 谢华安 刘德金 编著



中国农业科学技术出版社

福建稻作研究与实践

肖承和 谢华安 刘德金 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

福建稻作研究与实践/肖承和, 谢华安, 刘德金编著.
北京: 中国农业科学技术出版社, 2007
ISBN 978-7-80233-130-3

I. 福… II. ①肖…②谢… III. 水稻-栽培-研究
IV. S511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 006284 号

责任编辑 杜 洪 段道怀
责任校对 贾晓红 康苗苗

出 版 者 中国农业科学技术出版社
北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081
电 话 (010)68919704(发行部)(010)62145303(编辑室)
(010)68919703(读者服务部)
传 真 (010)68975144
网 址 <http://www.castp.cn>
经 销 者 新华书店北京发行所
印 刷 者 北京华忠兴业印刷有限公司
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 51
字 数 160 千字
版 次 2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷
定 价 120.00 元

前 言

新中国成立以来，在党和政府的正确领导下，福建省农业科技工作者在耕作制度改革、新品种育成、杂交水稻推广、再生稻发展、栽培技术改进、中低产田改造、病虫害综合防治等方面的研究与实践，成绩斐然。农业科技的进步，有力地推动了福建省水稻生产的快速发展，全省水稻单位面积产量不断地提高。至2005年，水稻单产比1949年翻了近4番，达到5 355.5kg/ha。

在水稻科研与示范推广中，福建省从事水稻育种与生产的科技工作者，不懈努力，进行理论探索与实践总结，为福建水稻科学技术发展创造了宝贵财富。多年来，我们一直想把福建省水稻专家及科技工作者的成果，汇总成书，供科技工作者参考，但由于种种原因，不能如愿。前年下最大决心，几经努力，检索并汇总全省有关水稻的论文2 000余篇。在此基础上，除去一些有关尚未审定新品种（组合）及外省育成品种等其他论文外，选取了1 756篇，编写成本书。为了体现专家和科技工作者的成绩，本书不按教科书的顺序编写，而是根据1 756篇论文的内容来划分章节，归类撰写。为保护知识产权，本书写法也与以往不同，除相关内容处列出作者姓名外，并冠以文件名。内容的表达也采用作者原文，以体现原作者的观点、成果和文风。但本书不是论文汇编，限于篇幅不得不对原文做些删节，略去大部分图表，并对部分论文进行了缩写。对若干明显错误处编者进行了删改，对一些不同的结论，则仍予保留。文中的土地面积单位统一改为公顷，采用国际通用符号ha。凡原作者文中使用666.7m²的，均改为0.067ha。对论文选用的编排，一是按时间顺序，二是考虑代表性。所以，有些论文只提作者和论文标题，未引用具体内容。对一些公认、公知或可变性的内容，则删节较多；而对一些重要的论文，编者尽量采用全文。在此，敬请原作者谅解。

由于编者的水平和知识面有限，加上有的论文涉及范围跨度较大，所以本书的章节安排与内容选用等方面，肯定存在一些问题和不妥之处，敬请读者和原论文作者提出批评、建议，不胜感激之至。

编 者
2006年12月

目 录

前言

第一章 福建水稻生产与研究概况	(1)
第一节 福建的气候	(1)
第二节 福建水稻种植区划	(4)
第三节 福建水稻生产的发展	(5)
第四节 水稻研究与推广机构	(7)
第五节 水稻研究成果	(9)
第二章 水稻基础研究	(22)
第一节 有关植物学性状的研究	(22)
第二节 有关生物学特性的研究	(29)
第三节 数量性状遗传研究	(34)
第四节 库源关系研究	(45)
第五节 水稻生育阶段酶系统分析	(55)
第六节 水稻多胚苗研究	(59)
第七节 新株型水稻研究	(63)
第八节 超高产水稻研究	(70)
第三章 栽培技术研究	(81)
第一节 水稻育秧的研究与发展	(81)
第二节 水稻栽培技术研究	(97)
第三节 抛秧栽培研究	(118)
第四节 旱育稀植栽培技术	(132)
第五节 直播栽培	(140)
第六节 水稻种衣剂研究	(146)
第七节 稻田杂草与防治	(151)
第八节 灾害的发生与预防研究	(158)
第九节 机械化栽培研究	(161)
第四章 水稻育种	(166)
第一节 水稻育种发展战略	(166)
第二节 水稻品种资源研究	(169)
第三节 品种更迭与育成品种	(183)
第四节 超级稻育种	(195)
第五节 育种技术	(198)
第六节 抗瘟育种	(208)
第七节 辐射育种	(218)
第八节 优质糯稻品种选育	(227)
第九节 籼粳交研究	(229)

第十节 水稻品种的广亲和性研究	(239)
第十一节 常规品种选育	(248)
第五章 三系杂交水稻研究	(264)
第一节 杂交水稻高产基础研究	(264)
第二节 三系杂交水稻遗传分析	(279)
第三节 不育系研究	(300)
第四节 不育系选育	(306)
第五节 恢复系研究与选育	(316)
第六节 三系杂交稻制种技术	(334)
第七节 提高杂交稻种子质量研究	(350)
第六章 发展再生稻	(368)
第一节 福建再生稻发展与研究	(368)
第二节 再生稻的立地条件	(369)
第三节 再生稻的成穗规律	(371)
第四节 再生稻的生育特性	(377)
第五节 影响再生稻产量的因素	(391)
第六节 再生稻优良组合的选用	(400)
第七节 再生稻的栽培技术研究	(404)
第八节 再生稻抛秧栽培研究	(411)
第九节 再生稻的超高产栽培	(416)
第七章 两系杂交稻研究	(427)
第一节 发展两系杂交稻	(427)
第二节 两系杂交稻的遗传基础研究	(430)
第三节 不育系选育与研究	(442)
第四节 两系杂交稻栽培生理生态研究	(458)
第五节 两系组合特性与栽培	(467)
第六节 两系杂交稻的制种技术	(479)
第八章 优质稻研究	(484)
第一节 福建优质稻概述	(484)
第二节 早籼稻米品质分析	(491)
第三节 环境等生态条件对稻米品质的影响	(497)
第四节 稻米品质遗传研究	(508)
第五节 精品米产业化开发	(519)
第九章 稻田建设与种植制度研究	(522)
第一节 福建稻田土壤	(522)
第二节 红壤稻田土壤肥力研究	(532)
第三节 中低产田改造	(541)
第四节 稻田生态研究	(555)
第五节 种植制度研究	(561)
第十章 水稻营养与施肥研究	(574)

第一节	水稻营养诊断	(574)
第二节	稻田肥力与施肥	(578)
第三节	土壤识别与配方施肥	(588)
第四节	水稻土施钾研究	(592)
第五节	微肥的应用研究	(599)
第六节	肥料研究	(610)
第七节	生长调节剂及菌肥等应用研究	(613)
第十一章	生物技术在水稻上应用研究	(626)
第一节	福建省生物技术应用研究概况	(626)
第二节	花药培养研究	(628)
第三节	水稻种胚离体培养研究	(637)
第四节	孤雌生殖与子房培养	(649)
第五节	突变体离体筛选研究	(654)
第六节	体细胞与原生质体培养研究	(660)
第七节	DNA 导入与农杆菌介导研究	(663)
第八节	水稻根部接种根瘤菌研究	(669)
第十二章	水稻病害研究	(674)
第一节	稻瘟病	(674)
第二节	白叶枯病	(688)
第三节	纹枯病	(693)
第四节	细菌性条斑病	(697)
第五节	条纹叶枯病	(709)
第六节	其他病毒病研究	(716)
第七节	稻曲病的发生与防治	(735)
第八节	秧苗病害的防治	(739)
第十三章	水稻虫害研究	(741)
第一节	螟虫的防治	(741)
第二节	稻纵卷叶螟的防治	(747)
第三节	稻瘿蚊的防治	(756)
第四节	稻飞虱的防治	(763)
第五节	稻粉虱的防治	(771)
第六节	稻秆潜蝇的防治	(774)
第七节	水稻潜根线虫的防治	(778)
第八节	稻田害虫天敌研究	(780)
第九节	水稻品种的抗虫性研究	(786)
第十节	水稻病虫综合防治研究	(791)
第十四章	旱种稻研究	(795)
第一节	福建省发展旱稻的必要性	(795)
第二节	旱稻品种的筛选	(796)
第三节	旱种稻栽培技术	(804)

第一章 福建水稻生产与研究概况

第一节 福建的气候

一、福建的气候特点

福建地处我国东南沿海，位于北纬 $23^{\circ}33'$ ~ $28^{\circ}19'$ ，东经 116° ~ 120° ，面对祖国宝岛台湾省。福建倚山傍海，是典型的亚热带季风气候，一年的冷暖干湿直接受季风所控制。加上闽西和闽中两大山带平行斜贯全境，因此表现出：冬冷夏热、冬干夏湿，冬季多偏北风，夏季以偏南风为主等特点。年平均气温从北到南为 $14.6\sim 21.3^{\circ}\text{C}$ ，年平均温差较小，一般为 $4.1\sim 11.7^{\circ}\text{C}$ 。无霜期长达 $230\sim 365\text{d}$ 。年降水量自东南至西北一般在 $1\,000\sim 2\,200\text{mm}$ 。

二、一年四季的天气特点

根据自然天气特点，鹿世瑾在《福建的气候》一书中，把3~6月划为春季，7~9月为夏季，10~11月为秋季，12~2月为冬季。各季的天气特点是：

(1) 春季是多雨季节，包括3~4月的春雨期和5~6月的梅雨期，降水量一般要占全年雨量的一半以上。

(2) 夏季受副热带高压控制，天气以晴热干旱为主。但夏季又是多台风季节，平均每年登陆或受外围影响的台风有5~6次。台风常带来暴雨，造成河水泛滥、山洪暴发、农田受淹等灾害。

(3) 秋季是夏转冬的过渡时期，福建较短。但此时副热带高压已退居南海，冷空气又尚未到来，表现出天高气爽。

(4) 冬季每年都要受几次强冷空气或寒潮的侵袭，天气多寒冷，尤其山区常出现霜冻。

三、福建的气候资源

福建夏长冬短，气候温暖，季风盛行，太阳辐射充足，地形气候显著，热量资源、光资源和水资源丰富多样，为福建水稻生产提供富足的气候资源。

(一) 热量

全省年平均气温为 $14.6\sim 21.3^{\circ}\text{C}$ ，最热 42°C ，最冷 -9.6°C 。1月份平均气温 $6\sim 14^{\circ}\text{C}$ ，7月份平均 $27\sim 29^{\circ}\text{C}$ 。全省大部分地区 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $5\,500\sim 7\,650^{\circ}\text{C}$ ，天数有 $251\sim 356\text{d}$ 。积温和天数为闽南多于闽西北，闽南 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 $7\,300\sim 7\,600^{\circ}\text{C}$ ，闽中为 $6\,000\sim 6\,500^{\circ}\text{C}$ ，鹭峰山区为 $4\,500^{\circ}\text{C}$ 。但由于海拔和地形的影响，在垂直方向上，热量分布随海拔高度的升高而递减，南部海拔 $500\sim 700\text{m}$ ，中部海拔 $400\sim 600\text{m}$ ，北部海拔 $300\sim 500\text{m}$ 为单双季稻混作区，1年2熟。由此往下为双季稻区，1年3熟。由此往上为单季稻区，1年1~2熟。

(二) 光照

全省日照时数大多在 $1\,700\sim 2\,200\text{h}$ ，其分布特点是：沿海多于内陆，南部多于北部，低

海拔多于高海拔,夏季多于春秋冬季。3~10月份的日照时数为1 280~1 600h,占年总量的70%~75%。全省年太阳总辐射为每平方米4 200~4 800MJ,厦门——诏安以东半岛或岛屿为每平方米5 000MJ,而武夷山区、鹫峰山区及宁德至连江沿海一带,每平方米均在4 200MJ以下。

(三) 降水

全省水资源较为丰富,在全国属多雨区。全省绝大部分地区年降水量在1 000~2 000mm,平均1 670mm。其分布特点是:东南少,西北多;低海拔少,高海拔多;秋冬少,春夏多。全省干湿季明显,1~3月、11~12月为干季,3~9月为湿季。3~6月内地降水量约占全年的60%,沿海约占全年的40%。

(四) 湿度

全省空气中相对湿度大多在76%~84%,分布趋势是:高海拔山区与沿海湿度大,一般都在80%以上。

四、福建的灾害性气候

福建常见的气象灾害有旱、涝、风、寒和冰雹等。

(一) 干旱

福建有春旱、夏旱和秋冬旱3种,以夏旱居多,春旱其次。干旱的发生发展是先南后北,先沿海后内地,由东南向西北蔓延。泉州、漳州大部,莆田和龙岩南部出现干旱的概率最高,受旱时间最长,受旱面积最大,灾害也最重。鹫峰山区一带则很少有干旱发生。

(二) 洪涝

据史料统计,福建每1.5年就有一次较大的洪涝灾害。主要有雨季暴雨洪涝和台风暴雨洪涝两种。雨季洪涝是由于雨季开始早、历时长和暴雨次数多所造成的,有时也有台风闯入梅雨季节而形成。洪涝大多集中在5~9月,对水稻等作物危害很大。闽江的洪水以5~6月的梅雨为主,占全部洪水的86.6%,而7~9月的台风暴雨所造成的洪水仅占8.9%。闽西汀江与此相似。九龙江和晋江的洪水则主要发生在7~9月,由台风暴雨所造成,占全部洪水的55%左右,5~6月仅占35.5%。闽东北的交溪情况与此相类似。

(三) 寒害

对福建水稻生产影响最大的寒害有“倒春寒”、“五月寒”和“秋寒”3种。

(1) 倒春寒。3月份的日平均气温连续3d低于12℃时所造成的寒害称为“倒春寒”。

(2) 五月寒。5月下旬至6月上旬,当日平均气温连续3d低于20℃所造成的寒害,称为“五月寒”。此时正值早稻孕穗期间,受害后早稻大量颖花退化,穗短粒少,产量降低。

(3) 秋寒。鹫峰山区在8月下旬至9月上旬,闽东南在11月中旬左右,当日平均温度连续3d低于20℃,使得晚稻不能安全抽穗,称之为“秋寒”,对晚稻生产影响最大,常会造成颗粒无收。

(四) 台风

福建一般是4月上旬至11月下旬都会受台风影响,而台风登陆季节则主要在7~9月,以8月居多。台风不但风大,常带来暴雨,使农田受淹,生产受损。从1884~1896年、1899~1980年资料统计,平均每年登陆福建的台风有2个。

(五) 冰雹

福建省冰雹的发生率较高,几乎每年都有发生,以2~5月份相对较多,发生次数约占全

年的 71%，7~8 月份发生的仅占 20% 左右。冰雹主要分布在内陆和山区，沿海则非常少见。

五、未来气候对福建水稻生产的影响预测

（一）未来福建农业气候资源的变化

福建地处亚欧大陆东南部，属亚热带季风气候，农业气候资源受年际间变化的影响很大，尤其在全球气候变暖的情况下，预测对福建省气候资源的影响，将有助于防灾减灾，保证农业生产的稳定发展。陈惠等（2000）在《气候变化对福建省农业气候资源的影响》中报道，通过对东西南北几个代表点 1981~1990 年、1991~1999 年、1981~1999 年光温水气候资源特征值与 1951~1980 年平均值的对比分析，结果表明，20 世纪 80 年代以后，冬季平均气温除闽北变化不明显外，闽南（漳州）、闽西（龙岩）和闽东（福州）3 市均秋冬变暖明显，各地年平均气温升高 0.4℃；日照时数平均减少 10%~15%；各地春雨季降水量增加，梅雨季降水量减少，年生长季降水量闽南略增，闽北减少；闽北、闽东“三寒”发生次数均有不同程度增加。吴杏春等（2001）发表《未来气候变化对福建省水稻生产的影响及其对策》一文，文中分析福建省未来农业气候资源的可能变化状况，文中指出：据多年气象资料统计分析，福建气候变化与全球变化趋势基本一致，除春季略变冷外，其他各季及年均都将变暖，春雨量增加且多集中于 3 月份，增加量闽南大于闽北；而梅雨量减少，减少量闽北大于闽南。因此，早季闽南降水增加，闽北降水减少。冬季各地降水都增加，增加量从北至南增加。日照时数则随气候的变暖呈减少趋势。

水稻生产主要受水热条件的影响，积温的多少可表示该地水稻适宜的熟制，稳定通过 23℃ 的终日为安全齐穗期，10~23℃ 持续日数是衡量各地双季稻、杂交稻品种搭配和安全生产的依据，陈惠等研究表明，未来福建省气温升高 1℃ 时，12~15℃ 的持续日、活动积温增加，≥23℃ 或 ≤20℃ 终日将提前或推迟 6d 左右。因此，为适应未来农业气候资源的变化，全省各地应根据具体情况，合理调整水稻生产。

（二）气候变化对福建水稻生产的影响

吴杏春等（2001）分析未来气候变化对福建水稻生产的影响时指出：在当前种植制度和水稻生产水平保持不变的条件下，CO₂ 含量的提高、紫外线 B（UV-B）辐射增强、气温升高等将严重影响水稻生产。

CO₂ 是植物光合作用的重要原料，直接影响水稻的生长、发育和产量的形成。以 450mg/kg、350mg/kg CO₂ 处理水稻，在拔节期和孕穗期，前者的光合能力分别比后者高 18.6% 和 21.1%。CO₂ 含量提高有利于水稻光合产物的运输、分配。模拟大气中不同 CO₂ 含量对水稻的影响表明，500mg/kg 处理的水稻籽粒光合产物占全株的 81.2%，而 350、600mg/kg 处理的水稻籽粒光合产物分别占全株 71.4% 和 74.8%，说明大气中 CO₂ 含量适当提高会促进光合产物向籽粒输送。付凯等研究表明，在 CO₂ 倍增条件下，矮香糯生长旺盛，根系发达，根系干重、株高及结实率均有不同程度提高。因此，在不考虑其他气候因子变化的情况下，CO₂ 含量提高有利于水稻增产，但是福建省境内小气候类型复杂多样，在考虑 CO₂ 含量提高对水稻生产的影响时，应与其他气候因子或环境因子如太阳辐射、海拔高度和大气状况等结合起来。林文雄等（1999）、Dai et al（1992）分别研究表明，UV-B 辐射增强会改变水稻的形态特征，如株高降低、叶面积缩小、干物质产量减少。同时，随着 UV-B 辐射的增强，水稻叶片自由基增加，细胞膜保护系统受到破坏，透性增大，因此，UV-B 辐射增强将对水稻产量及品质造成不利影响。福建稻作主要为两熟制，水稻生长期（3~10 月）正是 UV-B 辐射较强的时期，

尤其是在早稻秧苗期（水稻对 UV-B 辐射响应敏感期）增加幅度较大，这对福建水稻生产无疑是一个潜在的威胁。

水稻属感温性作物，尤以早稻营养生长期对温度特别敏感，若该时期的温度偏高，则发育进程加快，营养生长期缩短，对产量不利。福建水稻种植季节平均温度在 24 ~ 27℃。有研究表明，首先，在这个温度段内，每升高 1℃，水稻生育期将缩短 14 ~ 15d。其次，温度升高，在促进同化物运输的同时，加快枝梗老化和颖花脱落，使水稻灌浆速度加快，缩短籽粒充实期，从而使空秕粒增加，结实率下降，千粒重降低而减产。最后，温度升高，在增强光合作用效率的同时，也使呼吸消耗增大（呼吸消耗和温度呈指数关系）。若超出适宜范围，呼吸消耗的增大将超过光合作用的提高，并且夜温升高可使呼吸大大加强，使净光合产物减少，转化合成的生物量下降，抽穗后向穗部转移的同化物减少，产量将受到影响。

未来气候变暖将减轻水稻生产中五月寒和秋寒的影响，但降水南增北减且多集中于 3 月份，因而会造成南涝北旱。海陆间气压梯度增大，沿海夏季台风也将加剧。冬季温度升高，有利于害虫越冬，虫源基数大，发生偏早，发生代数增多，将给水稻生产带来不利影响。蔡文华等研究表明，年均气温升高 1.0℃，福建褐飞虱将比目前增加约 0.8 代，而田间高温高湿也会使病害加剧。

第二节 福建水稻种植区划

根据李义珍、黄育民编写的《中国水稻——福建的水稻》一书，将福建省水稻种植划分为 3 个区域。

一、闽东南亚热带双季稻区

本区地处戴云山、博平岭东麓，包括由闽江口径福州、福清、莆田、仙游、永春、安溪、华安、南靖、平和至诏安一线的东南部 28 个县（市）。区中有福州、莆田、泉州和漳州 4 个冲积平原，周围是波状起伏的低丘陵及沿海盆地。靠山各县尚有部分海拔 200 ~ 500m 的高丘陵。由于背山面海，光热资源丰富，年平均气温 19 ~ 21℃，≥10℃积温 6 000 ~ 7 700℃。籼稻安全生长期（日均温稳定在 12℃ 的初日至 15℃ 的终日）有 235 ~ 285d。期内积温 5 400 ~ 6 650℃，安全孕穗开花持续期（日均温稳定在 22℃ 以上的日数）有 100 ~ 140d。全年日照 1 900 ~ 2 300h，太阳辐射 460 ~ 523kJ/cm²。本区光热资源为全省最优。但降雨偏少，且分配不均。年降雨量 1 000 ~ 1 700mm，平均 1 363mm。沿海地区少于靠山地区，因此干旱威胁较大，且常年有台风酿成的洪涝及大风危害。

本区种植以双季稻为主，1987 年有稻田 28.67 万 ha，占全省的 31.5%，其中双季稻占本区稻田面积的 90.2%。水稻总播种面积 54.53 万 ha，平均产量 5 475.0kg/ha，其中水田产量 10 425.0kg/ha。本区有麦稻稻 1 年 3 熟的稻田 13.33 万 ha，年产量达 13 500.0kg/ha。

二、闽西北中亚热带单、双季稻区

本区地处两大山带之间的广大谷地及闽东北沿海丘陵低山地，包括南平、三明、龙岩 3 市的大部和宁德、福州两市的一部分，共 30 个县（市）。即沿闽江、九龙江、汀江上中游及诸支流的河谷，分布着许多串珠状的盆地，海拔在 150 ~ 300m，周围是海拔 300 ~ 800m 的丘陵低山。由于地跨 4 个纬度，地势悬殊，气候颇为复杂。光热资源随纬度和海拔的升高而递减。低

平谷地的热量逊于同纬度的沿海地区,高地则较寒冷。年平均气温 $17 \sim 20^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $5\,200 \sim 6\,700^{\circ}\text{C}$ 。籼稻安全孕穗、开花持续期 $72 \sim 120\text{d}$ 。全年日照 $1\,850 \sim 2\,050\text{h}$, 太阳辐射量 $431 \sim 460\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。降雨量 $1\,600 \sim 1\,900\text{mm}$, $3 \sim 6$ 月份雨量占全年的 $55\% \sim 60\%$, 水资源丰富。气象灾害以“三寒”为主,部分有夏旱。

本区盆谷地以双季稻为主,低山地单、双季并存,中山地则以单季稻为主。1989 年有稻田 49 万 ha , 占全省的 53.8% , 其中双季稻 31.13 万 ha , 占本区稻田的 63.6% 。水稻总播种面积 80.13 万 ha , 平均产量 $4\,755.0\text{kg}/\text{ha}$, 其中稻田年产量 $7\,770\text{kg}/\text{ha}$ 。粮食总产量 38 亿 kg , 占全省的 49.7% , 是福建省主要的商品粮基地。

三、闽西北中亚热带山地单季稻区

本区位于武夷山、鹫峰山、戴云山主体所经之处,包括鹫峰山区的寿宁、周宁、柘荣、屏南、政和、古田,戴云山区的永泰、德化、大田和沿闽浙、闽赣交界的武夷山区光泽、建宁 11 个县,海拔 $700 \sim 1\,000\text{m}$ 。山岭耸峙,少盆地、多梯田。气候冷凉,全年少旱。热量资源与北亚热带的皖南相近,水资源为全省最优。本区年平均气温 $14 \sim 17^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\,800 \sim 5\,200^{\circ}\text{C}$ 。籼稻安全生长季 $175 \sim 210\text{d}$, 期内积温 $3\,300 \sim 4\,500^{\circ}\text{C}$ 。安全孕穗、开花持续期 $30 \sim 72\text{d}$, 仅能种植单季稻。全年日照 $1\,800 \sim 1\,900\text{h}$, 太阳辐射 $422 \sim 429\text{kJ}/\text{cm}^2$ 。降雨量 $1\,800 \sim 2\,200\text{mm}$ 。

本区 1989 年有稻田 13.4 万 ha , 占全省的 14.7% , 其中单季稻 10.6 万 ha , 占本区稻田面积 79.1% 。水稻总播种面积 16.2 万 ha , 平均产量 $5\,190\text{kg}/\text{ha}$, 其中稻田平均年产量 $6\,270\text{kg}/\text{ha}$ 。

第三节 福建水稻生产的发展

一、水稻总产量的发展

根据福建省《统计年鉴》计算,福建省历年水稻产量列于表 1-1 中。据《福建省志——农业表》分析,新中国成立以来,福建省水稻生产历程是曲折的。从 1949 ~ 1957 年,经过 3 年恢复和实施第一个五年计划,兴修水利、植树造林、推广良种、合理密植、科学育秧、改善管水、改进施肥等科学种田,水稻生产获较快发展。1956 年,实行大面积稻田耕作制度改革,内陆山区单季改双季,沿海平原双季间作改连作,全省双季稻发展到 41.33 万 ha , 复种指数提高到 138% , 分别比 1949 年前增加 14.66 万 ha 和 11% 。1957 年水稻总产达 328.5 万 t , 比 1949 年前增长 56.1% 。1958 年始,由于生产关系调整超过生产力发展,加上当时违反科学地大搞高密度种植、移苗并丘、大量施肥等,造成 3 年大减产。1961 年水稻总产仅 240.5 万 t , 比 1957 年减少 88 万 t , 减产 36.6% 。1961 ~ 1963 年,贯彻“调整、巩固、充实、提高”的方针,水稻生产获得恢复发展,总产量逐年提高。至 1965 年,水稻总产已达到 355.0 万 t , 超过 1957 年的总产量。1966 ~ 1969 年,稻谷总产在 326 万 ~ 362 万 t 徘徊。1970 年开始,全省开展第二次稻田耕作制度改革,改单季为双季、间作为连作,使双季稻面积有了新的发展。至 1972 年,全省双季稻面积发展到 68.47 万 ha , 占稻田总面积的 68.2% 。1975 年扩大至 72 万 ha , 1979 年调整为 70 万 ha , 占稻田总面积的 72.1% , 稻田复种指数达到 172.2% , 稻谷总产达到 648.5 万 t 。以后各地从实际出发,把一些“双季不如单季”的稻田改为“稻一肥”、

“稻—薯”、“稻—豆”等轮作，达到扬长避短、用养结合、增产增收。

表 1-1 福建省历年水稻生产情况

年份	播种面积 (万 ha)	单产 (kg/ha)	总产 (万 t)	年份	播种面积 (万 ha)	单产 (kg/ha)	总产 (万 t)
1949	143.2	1 470.0	210.50	1978	171.1	3 615.0	618.69
1950	142.7	1 650.0	235.50	1979	166.9	3 885.0	648.50
1951	143.1	1 785.0	255.50	1980	167.1	4 005.0	669.25
1952	143.0	1 965.0	281.0	1981	165.0	4 125.0	680.80
1953	142.4	2 085.0	297.00	1982	161.2	4 440.0	715.80
1954	140.4	2 130.0	299.00	1983	161.5	4 680.0	755.88
1955	135.7	2 145.0	291.00	1984	158.7	4 605.0	730.95
1956	150.0	2 160.0	324.00	1985	147.4	4 620.0	681.10
1957	147.0	2 235.0	328.50	1986	148.5	4 410.0	654.95
1958	134.0	2 325.0	311.50	1987	149.6	4 785.0	715.80
1959	131.3	2 250.0	295.50	1988	148.4	4 635.0	687.74
1960	140.7	1 845.0	259.50	1989	150.8	4 935.0	744.36
1961	128.3	1 875.0	240.50	1990	151.4	4 830.0	731.24
1962	129.7	2 070.0	268.50	1991	149.3	4 860.0	725.65
1963	129.2	2 325.0	300.50	1992	147.6	4 965.0	732.96
1964	136.3	2 520.0	343.50	1993	138.2	5 025.0	694.47
1965	131.5	2 700.0	355.00	1994	140.4	4 980.0	699.17
1966	143.5	2 460.0	353.00	1995	140.5	5 160.0	724.92
1967	138.6	2 475.0	343.00	1996	140.4	5 295.0	743.34
1968	135.8	2 400.0	326.00	1997	140.0	5 280.0	739.24
1969	138.9	2 610.0	362.50	1998	138.8	5 250.0	728.81
1970	147.9	3 060.0	452.50	1999	137.2	5 190.0	712.28
1971	171.5	2 820.0	483.50	2000	122.3	5 175.0	632.75
1972	168.0	2 970.0	499.00	2001	115.6	5 250.0	606.80
1973	172.0	2 820.0	485.00	2002	101.2	5 505.0	557.52
1974	170.0	2 970.0	505.00	2003	96.1	5 445.0	523.44
1975	171.2	2 985.0	511.00	2004	98.6	5 535.0	545.62
1976	169.8	2 835.0	481.50	2005	95.2	5 355.5	526.60
1977	169.0	3 165.0	535.00				

从稻谷总产量变化看，1950~2005 年的 56 年间，经历 3 个连续增加期，3 个连续减少期，1 个波动徘徊期。1950~1957 年、1962~1965 年、1969~1983 年，共 28 年，福建省稻谷总产逐年增加，占 50%；1958~1961 年、1966~1968 年、1996~2005 年，共 18 年，占 32.1% 为连续减少年；1984~1994 年这 10 年为总产波动徘徊期，占 17.9%。

二、水稻单产的提高

新中国成立以来的 56 年间，仅就产量水平来说，福建水稻单产上了 5 个台阶。第一，1950~1952 年，每公顷平均 1 305kg；1953~1976 年，每公顷在 2 461kg 以上，CV = 14.8%；1977~1979 年，每公顷超过 3 000kg，平均 3 555kg，CV = 10.2%；1980~1992 年，每公顷超

过 4 000kg, 平均 4 607.3kg, $CV = 6.4\%$; 1993 ~ 2005 年, 每公顷超过 5 000kg, 平均 5 257.5kg, $CV = 3.2\%$ 。单产的提高与优良品种推广、栽培技术普及、病虫害防治、治山改土、合理施肥等有密切相关。据福建《农业志》介绍, 20 世纪 50 ~ 60 年代, 推广早籼南特号、陆财号和晚籼乌壳尖、凤湖壳尖, 使全省稻谷单产从 50 年代初 1 500kg/ha 提高到 2 250kg/ha。1963 年开始推广矮脚南特、珍珠矮、广解 9 号和晚籼鸭子矮等矮秆品种, 到 1970 年, 基本实现矮秆化, 稻谷产量突破 3 000kg/ha。1974 年开始试种杂交水稻, 1998 年开始大力发展再生稻, 使全省稻谷单产逐步提高, 2000 ~ 2005 年平均达到 5 418.1kg/ha。

三、杂交稻的推广

20 世纪 70 年代, 福建省杂交水稻协作组经过努力, 育成 V41A。1974 年“三系”配套, 育成组合“四优 2 号”、“四优 3 号”和“四优 6 号”。1975 年扩大繁殖了 V41A 不育系。据《福建粮油作物学会四十年》记载, 同年 9 月, 福建省农业科学院原稻麦所雷捷成等向省领导许亚汇报, 建议在福建推广杂交水稻。1976 年全省试种 0.33 万 ha, 拉开了福建省杂交水稻大面积推广的序幕。1977 年, 全省各地涌现出一批杂交稻高产增效的典型, 福建省农业厅原副厅长郑则梅向省领导许亚建议召开全省杂交水稻生产现场会, 总结经验, 加大推广力度。郑则梅还陪同廖志高、马兴元、许亚等省级领导视察长乐、福州等地的杂交水稻生产示范片。同年 10 月召开 9 个地(市)和部分重点县分管农业领导参加的“全省杂交水稻生产流动现场会”, 马兴元在会上作了重要报告, 许亚作了会议总结。同时对全省发展杂交稻作了部署, 分地、市下达了发展计划, 使本省杂交稻获得迅速发展。

杂交水稻推广以后, 由于组合单一、四优组合抗性衰退等原因, 使福建省杂交稻面积开始下滑, 至 1982 年, 全省杂交稻种植面积从 1979 年的 59.47 万 ha 下降为 41.33 万 ha。有些干部和农技人员对杂交稻产生疑虑。郑则梅则组织科技人员对全省重点地、市的杂交水稻生产进行调查, 找出原因, 研究对策, 提出“重新认识杂交稻、重上杂交稻”的建议, 并在全省 9 个地、市建立了新组合高产栽培示范片, 以典型的事例来消除有些人的疑虑, 使福建省的杂交稻重新获得发展。至 2005 年, 福建省杂交水稻种植面积从 1977 年的 16.1 万 ha 扩大到 81.3 万 ha, 占全年水稻播种面积的 87.9%。

杂交水稻的单位面积产量也逐年提高, 1978 年单位面积产量仅 3 937.5kg/ha, 至 1999 年已达 6 193.5kg/ha, 近年又有进一步的提高。

第四节 水稻研究与推广机构

一、福建省省级科研机构

(一) 福建省农业科学院

福建省农业科学院前身为福建省农业试验场, 成立于 1952 年, 1956 年改为福建省农业科学研究所, 1960 年扩建为福建省农业科学院, 设有稻麦、植保、土壤肥料等研究所。由于科研需要, 2005 年把原稻麦研究所改为水稻研究所, 成为福建省水稻的专门研究机构。

自 1952 年福建省农业试验场建立以来, 一直担负着福建省水稻的研究和推广工作, 在水稻栽培技术的经验总结和推广, 农家品种的搜集、整理和推广等工作中, 做出过很大的贡献。福建省农业科学院成立以来, 更全面地担负起水稻新品种选育、高产栽培技术、病虫害防治和

稻田土壤改良等研究,取得了丰硕的成果。据不完全统计,至2005年,福建省农业科学院单独或参与协作完成的水稻科研成果,获得国家、省、部级各种奖励的有43项。新育成的水稻品种(组合)经国家或省审定通过的有33个。从事水稻各种研究的人员累计309人(含退休和调离的),其中高级职称128人。自2000年以来,每年平均水稻科研经费870多万元。

(二) 福建农林大学

福建农林大学的前身是福建农学院,成立于1952年,由厦门大学农学院与福州大学农学院合并而成,设有农艺、园艺、森林3个系,在农艺系内成立有作物育种和粮作栽培教研组,主要从事水稻的研究工作。1956年以后,恢复植保系,成立土壤农化系等。1992年成立作物遗传育研究所,下设水稻常规育种研究室、水稻杂优研究室、组培研究室和生物技术研究室,专门从事水稻的各种研究工作。加上农学系、植保系、土壤农化系专门从事水稻研究工作的人员,累计有56人,其中高级职称的有32人。自全国科学大会召开以来,独立及参与完成的水稻研究成果获得各种奖励28项,通过国家及省审定通过的品种(组合)25个。

厦门大学在水稻新品种选育中也做出较大贡献,特别在优质稻品种的选育中,成绩更大。通过审定的新品种有5个,其中特别突出的优质品种有佳禾早占和佳禾7号等,佳禾7号在2002年获省优质稻一等奖,佳禾早占获三等奖。

二、福建省的市级科研机构

(一) 市农业科学研究所

福建省有福州、厦门、泉州、莆田、漳州、龙岩、三明、南平和宁德市农科所,每个农科所都成立水稻研究室,专门从事水稻育种和栽培研究。自1980年以来,由市农科所独立或参与研究的获奖项目有48项,培育并通过国家及省审定的品种(组合)71个。值得一提的是三明市农科所育成的汕优63组合,成为全国种植面积最大、推广范围最广、应用时间最长的杂交稻组合。所育成的明恢63是全国应用最广、持续应用时间最长、效益最显著的恢复系。

(二) 市农业学校

福建原有福州、泉州、漳州、龙岩和三明等农业学校,这些农校的部分教师也积极从事水稻育种、栽培和病虫害防治的研究工作,取得了较大的成绩。漳州农校通过审定的水稻新品种有3个,其中“78130”获1986年福建省科技进步一等奖。

三、推广体系

(一) 农技推广

福建省农业厅有农技推广总站,市、县农业局设有农技推广站或农技推广中心,乡(镇)也设立农技推广站,负责水稻栽培和新品种的示范试种等工作。在广大科技人员的努力下,福建水稻产量不断提高,尤其是垄畦栽中低产田改造和再生稻推广,走在全国的前列,对福建水稻生产做出突出的贡献。据统计,自全国科学大会召开以来,广大农技人员获得部级奖8项,全国农牧渔业丰收奖13项(水稻方面),福建省科技进步奖9项,福建省粮食丰收奖63项,福建省星火奖2项。在乡(镇)农技站中,尤溪县管前农技站特别突出,提高杂交稻制种产量上探索出整套高产技术,获得福建省星火二等奖。还与管前生化研究所、福建省种子总站协作,选育并通过福建省审定的杂交稻组合9个。

(二) 种子繁育与推广

福建省农业厅设有种子总站,市、县设有种子站,有些县的种子站还附有良种场。

负责种子的繁育、试种和示范工作。在各级种子站的努力下,使福建省的水稻品种获得更新和推广,单位面积水稻产量的不断提高。尤其是杂交水稻种子的制种、保纯和供应,各级种子站更是费尽全力。据统计,福建省种子总站独立及参与完成的研究成果,并获得福建省科技进步奖7项。参与育成并通过审定的杂交稻组合20个,引进推广的品种(组合)8个。在良种场中,特别突出的是福州城门公社良种场王茂玉育成的“红晚52”获全国科学大会奖;同安县良种场育成的“红410”,诏安县良种场的“南台梗不育系”,同安县凤南农场的“凤选四号”,沙县良种场的“沙矮早5号”、长汀县德田农场的“红珍龙”,邵武良种场的“温矮早选6号”均获得福建省科技大会奖。近年,由良种场育成并通过审定的品种(组合)有7个。

第五节 水稻研究成果

一、全国科学大会奖

(1) 籼型水稻杂种优势利用研究及闽优一、二、三号。由福建省杂交水稻协作组(全国第六位),包括福建省农业科学院稻麦所水稻杂优组、福建农学院农学系蔡俊迈、宁德地区农科所罗坚、龙溪地区农科所陈立新、莆田地区农科所等完成。

(2) 水稻良种“红晚52”。由福州市城门公社良种场王茂玉育成。

二、国家发明奖

(1) 籼型水稻杂种优势利用研究,1981年获国家特等发明奖。由福建省杂交水稻协作组(第六位)参加完成。

(2) 谷秆两用稻的选育及其秸秆高效利用技术,2006年获国家技术发明二等奖,由郑金贵、陈君琛、黄勤楼、叶新福、郑开斌、谢宝贵完成。

三、国家科技进步奖

(1) 我国褐稻虱迁飞规律的阐明及其在预测预报中的应用。1985年获国家科技进步四等奖。协作单位:福建省农业科学院植保所,福建农学院植保系,建阳、龙溪、莆田地区农科所,龙岩、永春、霞浦县病虫害测报站。

(2) 我国稻瘟病生理小种及抗稻瘟病抗源筛选。1985年获国家科技进步三等奖。协作单位:福建省农业科学院马启超、宋银官、吴泽津、刘元玲,福建农学院张学博、余菊生、夏怡厚、陈贻训、朱秀英,龙岩农科所陈锦云、邱汉森、邱川发、刘斌。

(3) 杂交水稻新组合汕优63。1988年获国家科技进步一等奖。由三明市农科所谢华安、郑家团、张受刚、余永安、林美娟完成。

四、国家星火奖

(1) 福建省中低产田改良增产规范化技术。1992年国家星火三等奖。由福建省农业厅等单位,郑则梅、李义珍、洪植藩、陈明忠、彭嘉桂、林菲、刘浩官等完成。

(2) 水稻茭畦栽培及其稻萍鱼体系技术开发。1992年国家星火三等奖。由福建省农业科学院稻麦所李义珍、黄育民及蒋清闹、周若寄、吴高贵、林崇光、杨梦熊等完成。

五、部级奖

(1) 水稻簇矮病——一种新的水稻病毒病。1979 年获农业部科技改进一等奖。由福建农学院谢联辉、林奇英、陈昭炫完成。

(2) 白背飞虱迁飞规律及异地预报研究。1980 年获农业部科技改进二等奖。协作单位：福建省农业科学院植保所，福建农学院植保系，建阳，莆田农科所，德化县病虫测报站，三明农科所。

(3) 推广杂交水稻，促进粮食增产。1982 年获国家科委、国家农委推广科技成果奖。由福建省种子公司、省农业厅粮油处、植保处、办公室许亚、陈中骥、郑则梅、钟立昌、黄淑英等完成。

(4) 全国野生稻资源的普查、考察与搜集。1982 年获农业部科技改进一等奖。协作单位：福建省农业科学院稻麦所王其田等。

(5) 杂交水稻气象科研成果的推广应用。1982 年获农业部推广科技成果二等奖。由福建省气象科研所、漳州气象试验站、三明地区气象站等完成。

(6) 我国稻纵卷叶螟迁飞规律及其在预报上应用。1982 年获农业部科技改进二等奖。协作单位：福建省农业科学院植保所刘浩官等，福州市农科所、古田、周宁县病虫测报站。

(7) 杂交水稻农业气象生态研究。1982 年获国家气象局科技成果二等奖。协作单位：福建省气象科研所蔡金禄等。

(8) 大面积推广应用井冈霉素预防水稻纹枯病。1985 年获农牧渔业部科技改进二等奖。协作单位：福建省农业厅植保站黄淑英、卓克锐。

(9) 福建山区水稻中低产田配套增产技术研究。1986 年获农牧渔业部科技进步二等奖。由福建省农业厅、福建省农业科学院、福建农学院杨思知、郑则梅、李义珍、洪植藩等完成。

(10) 杂交晚稻亩产 400kg 栽培技术推广。1987 年获农牧渔业部科技进步三等奖。由农牧渔业部全国农技总站、湖南省农业厅、福建省农业厅施能浦（第三位）、广东省农业厅等完成。

(11) 黏虫异地预测预报。1987 年获农牧渔业部科技进步二等奖。由福建省农业厅植保植检站黄绵绢（第七位）参与协作完成。

(12) 水稻二化螟为害损失与防治措施研究。1988 年获农牧渔业部科技进步二等奖。由建宁县农业局（第八位）参与协作完成。

(13) 水稻半旱式栽培及稻田综合利用技术推广。1989 年获农业部科技进步二等奖。由福建省农业厅（第三位）、崇安县农技站（第十位），王颂贤、林金诸、徐志平、刘其斌等参与协作完成。

六、全国农牧渔业部丰收奖

(1) 福建省稻区粮食综合丰产技术。1988 年 8 月 31 日获二等奖。由福建省农业厅粮油处，福建省农业厅科教处，龙海县农业局，云霄县农业局，建阳县农业局，沙县农业局，邵武市农业局，漳州市农业技术推广站，建阳地区农业技术推广站，三明市农业技术推广站，郑则梅，黄金芳，陈明忠，郭永贵，高通光，林益顺，林孝水，方汉中，胡纪猷，黄亚昌，汤三元，陈府传，骆马才，陈南洲，阮亚宏，方福，薛福荣，王朝祥，吴承礼，章升，郑成福，李道荣，刘礼明，纪传柳，吴鸿潜，富德勋，李玉儒，徐俊人，王森，高永新等完成。