

A decorative header featuring a grid of nine squares. The squares contain close-up photographs of rice stalks and grains, with some squares being white. The text is centered in the white squares.

SHUIDAO QIANGHUA ZAIPEI
YU FEILIAO SHIYONG

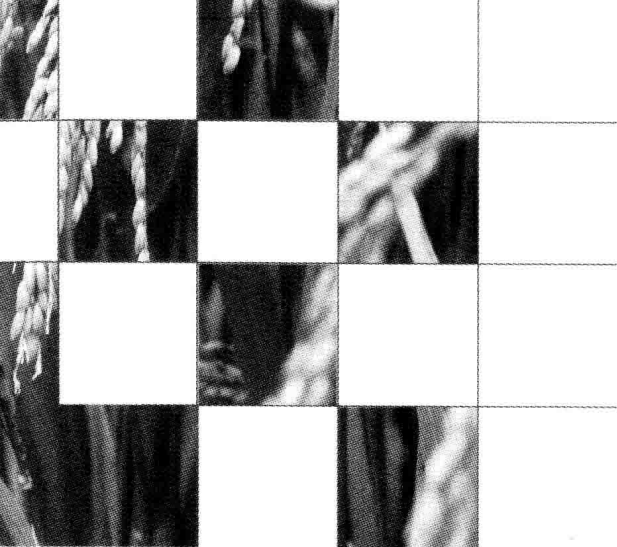
水稻强化栽培

肥料施用

贺阳冬 编著



四川大学出版社



贺阳冬 编著

水稻强化栽培 与肥料施用

藏书章



SHUIDAO QIANGHUA ZAIPEI
YU FEILIAO SHIYONG



四川大学出版社

责任编辑:徐 燕 喻 震(特邀)

责任校对:唐 飞

封面设计:墨创文化

责任印制:李 平

图书在版编目(CIP)数据

水稻强化栽培与肥料施用 / 贺阳冬编著. —成都:
四川大学出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-5614-6090-0

I. ①水… II. ①贺… III. ①水稻栽培②水稻—施肥
IV. ①S511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 184889 号

书名 水稻强化栽培与肥料施用

编 著	贺阳冬
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-6090-0
印 刷	郫县犀浦印刷厂
成品尺寸	148 mm×210 mm
印 张	6.25
字 数	179 千字
版 次	2012 年 8 月第 1 版
印 次	2012 年 8 月第 1 次印刷
定 价	16.00 元

◆读者邮购本书,请与本社发行科
联系。电 话:85408408/85401670/
85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。

◆网址: <http://www.scup.cn>

版权所有◆侵权必究

内容简介

本书介绍了水稻强化栽培技术体系的产生和发展，以及在水稻强化栽培条件下水稻的生育特点和高产机理。同时，对目前水稻栽培技术与施肥技术的内容和特点及其发展状况进行了介绍，并从水稻施肥的角度对肥料的施肥体系、施用方法及效果和对稻米品质的影响等方面作了较为详细的说明。

本书兼顾理论性与适用性，深入浅出，适宜广大农业科技人员阅读，也可供农业大专职业院校相关专业师生参考。

前 言

粮食问题是农业生产发展的核心问题，农业生产要保持持续稳定的发展还有赖于科学技术的进步，栽培技术和施肥技术是作物生产的重要环节，是保持农业生产持续稳定增长的一项重要措施。水稻是我国乃至世界的主要粮食作物之一。我国是世界上最大的稻谷生产国，全国有近 2/3 的人口以稻米为主食。我国年均种植水稻 4.5 亿亩左右，播种面积位居世界第二，年均生产稻谷约占世界稻谷总产量的 35%。我国稻谷平均亩产量约为 410 kg，是世界平均水平的 1.6 倍，单产世界第一，在主要产稻国中位居前列。

水稻生产在保障我国粮食安全供给体系中具有极其重要的地位。近年来，随着我国经济的高速发展、城市化进程的加快以及农村种植结构的调整，人口的增长和人均耕地的逐渐减少，影响着我国的粮食安全问题。我国用占世界 9% 的耕地养活了占世界 22% 的人口。其中水稻生产所作出的贡献功不可没。因此，在我国水稻的生产显得尤为重要。据统计，近 20 多年来我国人口增长了 3 亿，但人均粮食供应量从 300 kg 增长到 400 kg。水稻生产为解决我国 13 亿人口的粮食安全作出了历史性贡献。

稻米容易被人体消化吸收，一般除含水分 12.9% 外，含蛋白质 7.3% 左右，淀粉 77.6%，脂肪 1.1%，粗纤维 0.3%，灰分 0.8%，含有营养价值高的赖氨酸和苏氨酸，是我国大多数人的主要食物来源。由于水稻具有分布广、面积大、适应性强、产量高而稳、稻米食味和营养价值好的特点，水稻的生产历来为人们所重



视。因此，水稻生产在我国国民经济中占有极其重要的地位，发挥着极其重要的作用。

为了满足人们日益增长的物质和文化需要，不断提高人们的生活水平，就必须搞好水稻的生产，提高水稻产量。在水稻生产中，要保持水稻产量持续稳定的提高，科学施肥和栽培技术起着很重要的作用。提高水稻单产及产量的途径，一是新的水稻品种开发、良种的应用，二是与之相适应的新的水稻栽培技术的应用。只有两方面结合起来，才能获得水稻高产。

本书介绍了水稻强化栽培技术体系的产生和发展，以及水稻强化栽培条件下水稻的生育特点和高产机理。同时，对目前水稻栽培技术与施肥技术的内容和特点及其发展状况进行了介绍，并从水稻施肥的角度对肥料的施肥体系、施用方法及效果和对稻米品质的影响等方面进行了较为详细的说明。

本书在编写过程中参考了诸多同行的相关文献资料，在此一并表示谢意。由于作者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请专家、同行和广大读者予以指正。

贺阳冬

2012 年 5 月 30 日

目 录

第一章 水稻生产概论	(1)
一、水稻生产在农业生产中的地位 and 作用	(1)
二、水稻的生长发育与产量的形成	(2)
(一) 水稻的生长发育特点	(2)
(二) 水稻的产量形成和规律	(5)
(三) 水稻高产的必要条件	(8)
三、水稻栽培技术的发展	(10)
(一) 我国水稻栽培理论的发展	(10)
(二) 我国水稻栽培技术的发展	(11)
(三) 目前我国水稻栽培中存在的问题	(12)
四、水稻新型栽培技术	(13)
(一) 水稻抛秧栽培技术	(13)
(二) 水稻机插栽培技术	(17)
(三) 水稻精确定量栽培技术	(20)
(四) 优质稻栽培技术	(25)
第二章 水稻强化栽培技术的兴起和发展	(32)
一、水稻强化栽培技术的起源和栽培要点	(32)
(一) 水稻强化栽培技术的起源	(32)
(二) 水稻强化栽培技术体系的栽培要点	(33)
(三) 水稻强化栽培技术在马达加斯加的成果	(34)
二、国外水稻强化栽培技术的发展概况	(35)



三、我国水稻强化栽培技术的发展·····	(36)
(一) 我国水稻强化栽培技术的应用及发展·····	(36)
(二) 水稻强化栽培技术的优缺点·····	(37)
四、水稻强化栽培技术的优化和改进·····	(41)
五、水稻强化栽培技术的推广应用·····	(42)
第三章 强化栽培条件下水稻生育特点和增产机理·····	(60)
一、强化栽培条件下水稻的生育特点·····	(60)
(一) SRI 的水稻品种(组合)适应性的选择·····	(60)
(二) SRI 的移栽叶龄、移栽密度·····	(63)
(三) 水稻强化栽培技术增产作用·····	(71)
二、强化栽培条件下稻田生态环境的特点·····	(78)
(一) 水分管理·····	(78)
(二) 甲烷(CH ₄)排放·····	(79)
(三) SRI 对土壤理化生物特性和环境的影响·····	(80)
(四) SRI 稻田杂草发生的特点·····	(82)
(五) SRI 稻田病虫害发生的特点·····	(83)
三、水稻强化栽培的增产机理·····	(84)
(一) 水稻强化栽培与常规栽培技术措施的差异·····	(84)
(二) 水稻强化栽培技术增产效果·····	(85)
(三) 水稻强化栽培技术增产机理·····	(85)
四、水稻强化栽培技术对稻米品质的影响·····	(89)
第四章 水稻的需肥特性及肥料·····	(94)
一、水稻的营养·····	(94)
(一) 水稻所需的必需营养元素·····	(94)
(二) 营养元素主要生理功能·····	(95)
二、水稻的需肥规律·····	(99)
(一) 水稻对氮、磷、钾的吸收量·····	(100)
(二) 水稻不同生育期对氮、磷、钾的吸收特点·····	(100)

(三) 水稻对锌、硅的吸收特点·····	(101)
三、常用肥料的品种类型·····	(102)
(一) 化肥·····	(102)
(二) 复合肥料·····	(103)
(三) 有机肥·····	(104)
四、水稻的施肥形式·····	(104)
(一) 基肥·····	(104)
(二) 追肥·····	(104)
第五章 水稻施肥技术概述 ·····	(107)
一、我国科学施肥技术发展简介·····	(107)
二、肥料的利用率·····	(108)
(一) 氮肥利用率·····	(108)
(二) 磷肥利用率·····	(109)
(三) 钾肥利用率·····	(109)
三、水稻施肥技术体系·····	(110)
(一) 日本的几种施肥体系·····	(110)
(二) 国内常见的几种施肥技术·····	(111)
四、肥料对水稻产量的影响·····	(112)
(一) 氮肥对水稻产量的影响·····	(112)
(二) 氮、磷肥配合施用·····	(116)
(三) 氮、磷、钾配合施用·····	(116)
(四) 锌肥对水稻高产的作用·····	(117)
(五) 硅肥对水稻高产的作用·····	(118)
(六) 硫肥的施用对水稻产量的影响·····	(118)
(七) 硫、镁、钙的配合施用对水稻产量的影响·····	(119)
(八) 其它肥料对水稻产量的影响·····	(119)
五、水稻高产施肥的基本原则·····	(120)
(一) 有机肥与化肥配合施用·····	(120)
(二) 氮、磷、钾肥配合施用·····	(120)



(三) 适量施肥和平衡施肥·····	(120)
六、水稻高产施肥存在的问题及对策·····	(120)
(一) 水稻高产施肥中存在的问题·····	(120)
(二) 水稻高产施肥的对策和措施·····	(122)
(三) 水稻高产施肥中应注意的事项·····	(124)
七、水稻高产施肥的展望·····	(124)
(一) 研制新型肥料品种·····	(125)
(二) 改进施肥方法·····	(125)
(三) 肥料运筹的发展趋势·····	(125)
第六章 肥料施用与稻米品质·····	(129)
一、评价稻米品质的主要指标·····	(129)
(一) 碾米品质·····	(129)
(二) 外观品质·····	(129)
(三) 蒸煮和食味品质·····	(130)
(四) 营养品质·····	(130)
二、稻米品质的影响因素·····	(131)
(一) 环境因素对稻米品质的影响·····	(131)
(二) 栽培措施对稻米品质的影响·····	(132)
三、肥料对稻米品质的影响·····	(133)
(一) 氮肥对稻米品质的影响·····	(133)
(二) 施磷量对稻米垩白度的影响·····	(136)
(三) 氮、磷、钾不同对比对稻米品质的影响·····	(137)
(四) 硫、镁、钙对稻米品质的影响·····	(138)
(五) 有机肥对稻米品质的影响·····	(139)
第七章 水稻强化栽培中的肥料施用·····	(143)
一、水稻强化栽培中肥料的施用·····	(143)
(一) 水稻强化栽培中有机肥的施用·····	(143)
(二) 水稻强化栽培中化学氮肥的施用·····	(143)

(三) SRI 条件下肥料运筹对水稻产量的影响·····	(147)
(四) SRI 条件下肥料的配合施用·····	(148)
二、水稻强化栽培中肥料对土壤理化性质的影响·····	(149)
(一) 强化栽培条件下肥料对土壤容重和土壤空隙度的影响 ·····	(149)
(二) 强化栽培条件下肥料对土壤养分含量的影响·····	(150)
三、水稻强化栽培条件下肥料对水稻生长的影响·····	(151)
(一) 肥料对分蘖和成穗率的影响·····	(151)
(二) 肥料对叶片生长的影响·····	(152)
(三) 肥料对根系生长的影响·····	(153)
四、强化栽培条件下肥料对稻米品质的影响·····	(153)
(一) SRI 条件下肥料种类对稻米加工品质的影响·····	(153)
(二) SRI 条件下肥料对稻米垩白状况的影响·····	(154)
(三) SRI 条件下肥料对稻米直链淀粉含量的影响·····	(154)
(四) SRI 条件下肥料对整精米率的影响·····	(154)
第八章 不同肥料种类在 SRI 中的应用与实践 ·····	(157)
一、前言·····	(157)
二、材料与方法·····	(158)
(一) 供试材料与试验设计·····	(158)
(二) 调查测定项目及方法·····	(160)
(三) 数据分析·····	(161)
三、结果与分析·····	(162)
(一) 不同肥料种类对水稻产量的影响·····	(162)
(二) 不同肥料种类对水稻产量构成因素的影响·····	(163)
(三) 不同肥料种类对水稻生长发育的影响·····	(164)
(四) 不同肥料种类对土壤理化性状的影响·····	(169)
(五) 不同肥料种类对水稻地上部分养分积累与分配的影响 ·····	(172)
(六) 不同肥料种类对稻米品质的影响·····	(176)



四、讨论与结论.....	(180)
(一) 强化栽培对水稻生长发育及产量的影响.....	(180)
(二) 不同施肥种类对土壤理化性质的影响.....	(181)
(三) 不同施肥种类对水稻养分积累与分配的影响.....	(183)
(四) 不同肥料种类对稻米品质的影响.....	(183)
(五) 强化栽培施肥方法的改进及存在的问题.....	(184)
后 记.....	(185)

第一章 水稻生产概论

一、水稻生产在农业生产中的地位和作用

水稻是世界上最重要的粮食作物之一，其产量在世界上仅次于小麦，居第二位。水稻产地分布很广，在世界各大洲都有分布，遍及一百多个国家和地区。亚洲播种面积最大，占世界稻谷播种面积的 78%，其中，印度播种面积最大，达 6 亿亩，亚洲稻谷总产量占世界总产量的 85% 以上。亚洲国家种植水稻的主要有中国、印度、印度尼西亚、泰国、日本等。我国是世界上最大的稻谷生产国，水稻也是我国最主要的粮食作物之一，全国有近 2/3 的人口以稻米为主食。1992—2002 年，我国年均种植水稻 4.58 亿亩，约占世界播种面积的 20%，播种面积位居世界第二，年均生产稻谷 1.87 亿吨，约占世界稻谷总产量的 35%，为世界第一。稻谷平均亩产量约为 410 kg，是世界平均水平的 1.6 倍，在主要产稻国中位居前列。

水稻生产在保障我国粮食安全供给体系中具有极其重要的地位。近年来，随着我国的经济的发展、城市化进程的加快以及农村种植结构的调整，人口的增长和人均耕地的逐渐减少，影响着我国的粮食安全问题。因此，作为我国约占 2/3 人口的主食的水稻的生产显得尤为重要。我国用占世界 9% 的耕地养活了占世界 22% 的人口。据统计，1992—2002 年全国水稻种植面积占粮食作物总面积的 27.7%，年均生产稻谷总量占粮食总产量的 42.8%。近 20 多年

来,我国人口增长了3亿,但人均粮食供应量从300 kg增长到400 kg。水稻生产为解决我国13亿人口的粮食安全作出了历史性贡献。

人类种稻历史悠久,重庆巫山县发掘的新石器时代的大溪文化遗址中出土了世界上早期的人工栽培稻,说明当地的原始居民已经掌握了水稻的种植技术。数千年来,水稻已成为我国人民的主要粮食之一。水稻是高产而稳定的粮食作物,它的栽培面积在作物中居全国第一。南从海南岛的三亚市,北至黑龙江的漠河;西起新疆,东至台湾,在海拔2400米的云贵高原都有种植。另外,稻米易为人体消化吸收,一般除含水分12.9%外,含蛋白质7.3%(有的高达12%~15%),淀粉77.6%,脂肪1.1%,粗纤维0.3%,灰分0.8%,含有营养价值高的赖氨酸和苏氨酸,是我国大多数人的主要食物来源^[1]。稻谷加工的副产品米糠含有15%左右的脂肪,14%左右的蛋白质,20%的磷化物和多量的维生素,它不仅是家畜的精饲料,而且可以榨油、酿酒、提取维生素等;谷壳和稻草在工农业上的用途也很广泛。由于水稻具有分布广、面积大、适应性强、产量高而稳、稻米食味和营养价值好的特点,水稻的生产历来为人们所重视。因此,水稻生产在我国国民经济中占有极其重要的地位,发挥着重要的作用。

为了满足人们日益增长的物质和文化需要,不断提高人们的生活水平,就必须搞好水稻的生产,提高水稻产量。提高水稻单产及产量的途径,一是新的水稻品种开发、良种的应用,二是与之相适应的新的水稻栽培技术的应用。两方面结合起来,才能获得水稻高产。

二、水稻的生长发育与产量的形成

(一) 水稻的生长发育特点

1. 水稻的生育期

从播种到成熟为水稻的一生。水稻一生所经历的时间称为水稻

的生育期，其生育期的长短一般为3~6个月。一般可将水稻分为早稻（生育期105~125天）、中稻（生育期126~150天）、晚稻（151~170天）。在农业生产中，了解水稻生育期的长短对挑选适合当地栽培的水稻品种具有重大的现实意义。因为要获得水稻高产，水稻的生长就必须与当地的生长季节同步，特别是对水稻产量影响很大的抽穗结实期，要安排在生长的最佳季节里。因此，在选择适合当地生长的水稻品种和确定播种期时，要从水稻生育期的长短和抽穗结实期予以考虑。

水稻的生长可分为营养生长和生殖生长两个阶段和四个生育时期。水稻生育时期即营养生长期和生殖生长期，营养生长期包括幼苗期和分蘖期，生殖生长期包括长穗期和结实期，两个阶段的分界线是幼穗分化的始期。

（1）营养生长期。

营养生长期是指从种子萌发到幼穗开始分化前的一段时期，其生育特点主要是生根、出叶、长分蘖，建立和增大营养体。其中，从种子萌发开始到三叶期是水稻的幼苗期；从第四叶生出开始萌发分蘖，直到拔节为止为分蘖期。在育苗移栽情况下，分蘖期又可分为返青期、有效分蘖期和无效分蘖期。栽秧以后，秧苗有一个生长停滞、发生新根的过程，一般为3~5天，称为返青期；返青后又开始分蘖，称为分蘖始期，这时分蘖速度较慢；以后分蘖迅速增加，增加最快的时期，称为分蘖盛期；而后分蘖速度渐慢，称为分蘖末期。分蘖数达到最多时，称为最高分蘖期，或分蘖终止期。从开始分蘖到拔节前15天这段时间内发生的分蘖多能成穗，称为有效分蘖期；拔节前15天后到拔节这段时间内出生的分蘖多数无效，称为无效分蘖期。

（2）生殖生长期。

生殖生长期是指从幼穗开始分化到结实成熟的一段时期。其生育特点主要是长穗、开花、灌浆结实，形成产量器官。其中，从幼穗开始分化至抽穗，是长穗期；抽穗到成熟，是结实期。长穗期实

实际上是营养生长和生殖生长同时并进，它一方面拔节长秆、继续出叶，生长营养器官；另一方面幼穗发育成长形成生殖器官。长穗期包括幼穗形成期和孕穗期。结实期可分为抽穗开花期和灌浆结实期，后者又包括乳熟期、黄熟期和完熟期。

图 1-1 为水稻的一生示意图。

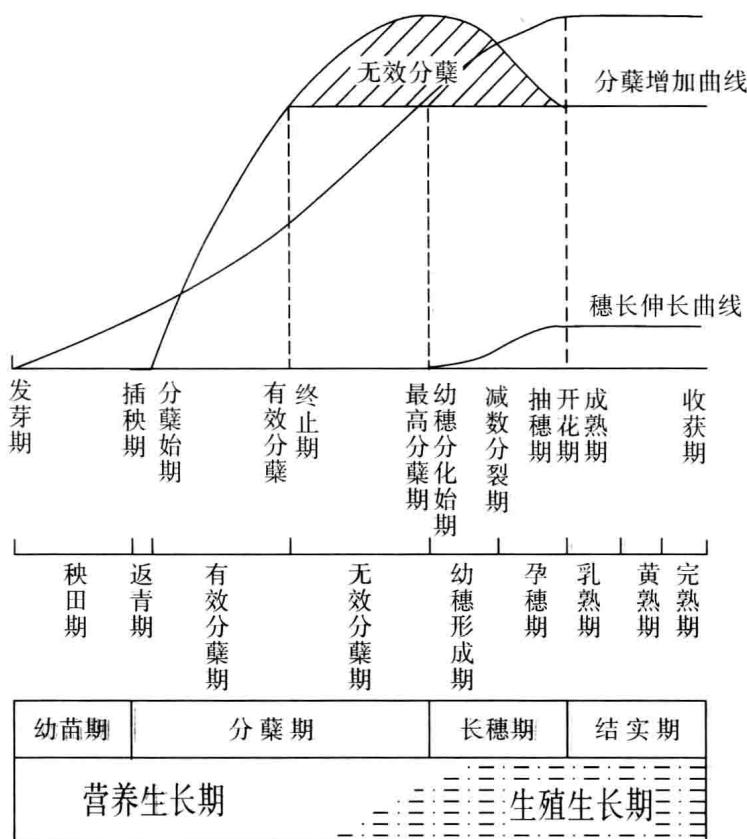


图 1-1 水稻的一生示意图 (成敬生等, 1981)

2. 水稻品种的栽培类型

根据水稻品种的穗型大小和单位面积穗数多少与产量的关系，

可将水稻划分为大穗型、多穗型和穗粒兼顾型三类。

大穗型：就是能充分发挥壮秧和早分蘖的个体生长优势的水稻品种，在保证一定穗数的基础上，主要依靠大穗、粒多来夺取水稻高产。此途径适合在生产条件较好、管理水平较高的一季稻地区，包括杂交稻和晚粳稻等。每亩有效穗数，常规稻在 25 万左右，杂交稻在 20 万左右。每穗实粒数平均在 80~100 粒，同样可以获得每亩 500 kg 的产量。

多穗型：主要靠主茎和少部分分蘖成穗来夺取水稻高产，这在季节紧、大田营养生期短的地区，可采用此途径。一般每亩穗数在 30 万~40 万，每穗实粒数平均在 60 粒左右，可取得每亩 450 kg~500 kg 的产量。

穗粒兼顾型：水稻品种介于大穗型和多穗型之间。在我国广大的北方地区和南方中熟品种地区，采用此品种的水稻栽培较好，一般每亩穗数在 35 万~40 万，每穗实粒数平均在 70 粒左右，可获得每亩 500 kg 的产量。^[2]

另外，根据水稻品种的每穗实粒数的多少可将水稻划分为：重穗型，每穗实粒数在 200 粒左右；多穗型，每穗实粒数在 100 粒以下；大穗型，每穗实粒数在 120 粒以上。还可按水稻品种的单穗重将穗型划分为重穗型、中穗型和轻穗型等。

对于一个地区来说，采用何种水稻高产栽培途径，要根据当地的具体情况和水稻的具体品种来定。如在栽培早熟水稻品种和生长季节短的地区，主要是靠主茎及少部分分蘖成穗，就只能选择穗粒兼顾型和多穗型的栽培途径；而在水肥条件好、大田生长季节长的地区，可以考虑以增加分蘖来夺取高产，就可以选择大穗型的高产栽培途径。

（二）水稻的产量形成和规律

1. 水稻物质生产的“三个 90%”理论

水稻与其他绿色植物一样，主要是通过光合作用合成有机质（碳水化合物）。在 20 世纪 70 年代末，北京农业大学廉平湖教授经