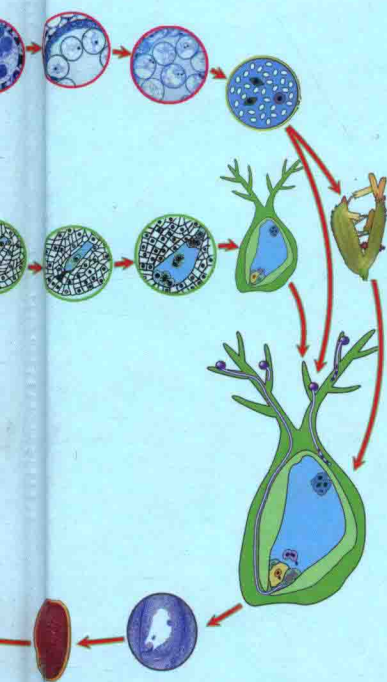


水稻的开花与结实

水稻生殖器官发育图谱

王 忠◎著



科学出版社

水稻的开花与结实

水稻生殖器官发育图谱

王 忠 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在简述水稻幼穗和颖果发育过程的基础上,着重从显微和超微结构上描述水稻小穗轴、浆片和雌雄蕊在开闭颖过程中及胚和胚乳在颖果发育过程中的结构变化;从生理上阐明水稻开闭颖、双受精、胚乳细胞发育和贮藏物质积累的机理;并简要介绍了水稻根、茎、叶等营养器官的结构与功能,以及小麦、大麦、玉米和高粱等颖果生长和胚乳细胞发育过程中的形态结构变化。全书有200个精致图表,展示了著者在以水稻为主的五大谷物上进行的开花结实的形态结构与生理功能研究中取得的成果,这些成果为水稻等谷物的结构和生理研究奠定了基础。本书内容新颖,图文并茂,注释详尽,一目了然。

本书可作为大专院校本科生和研究生学习水稻等谷物器官结构和功能的教科书,也可供从事植物学、作物学、水稻育种和栽培的工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

水稻的开花与结实:水稻生殖器官发育图谱 / 王忠著. —北京:科学出版社, 2015.1

ISBN 978-7-03-041954-5

I. ①水… II. ①王… III. ①水稻—生殖器官—器官发育—图谱
IV. ①S511.01-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第220439号

责任编辑:张海洋 王 好 / 责任校对:刘亚琦
责任印制:肖 兴 / 封面设计:北京铭轩堂广告设计有限公司

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京威通印刷股份有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第一版 开本:720×1000 1/16

2015年1月第一次印刷 印张:19 3/4

字数:390 000

定价:158.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



著者近照

本专著涉及的科学研究得到以下国家自然科学基金项目资助

- (1) 水稻开颖机理及控制开颖新方法的研究(38970507)
- (2) 水稻小穗轴的构造与灌浆物质输导的关系(39270443)
- (3) 水稻不育系开花不整齐籽粒易畸形的原因及其对策(39370429)
- (4) 谷物胚乳细胞的分裂、分化、充实与调控(39670440)
- (5) 环境因素对小麦Rubisco活化酶调节Rubisco活性的影响(39870463)
- (6) 水稻胚乳细胞的发育及其与粒重和米质的关系(30070454)
- (7) 水稻根负向光性的机理和控制因素(30270795)
- (8) 稻麦胚乳游离核的分裂和细胞化(30471045)
- (9) 胚乳表层细胞的发育与功能(30670125)
- (10) 水稻根负向光性反应中的信号转导(30871467)
- (11) 关于稻麦胚乳淀粉体发育的研究(31071341)
- (12) 谷物胚乳淀粉体的发育及其与品质形成的关系(31270228)

序

我生于1949年，是共和国的同龄人。65年的人生岁月可以分为三段：第一段在无锡——我在故乡锡城度过了童年和青少年时期，读了小学和中学。第二段在农村——1969年我去了苏北淮海农场，为科学种田付出了青春，磨炼了意志。第三段在扬州——1974年我来到扬城，在江苏农学院(现扬州大学)读了大学，1977年毕业留校任教。1980年开始攻读植物生理学研究生，并获得中国科学院生物学部理学硕士学位。1991年与1998年二度国派赴日留学。先后破格晋升了副教授和教授，享受国家特殊津贴，评为江苏省教学名师，曾任《植物生理学报》编委、全国植物生理学会理事和江苏省名誉理事长等职。近50岁时我加入了中国致公党，当选为扬州市政协常委和江苏省政协委员。

回顾自己在扬州大学的工作，40年里主要做成了10件事：①主编了普通高等教育国家级规划教材《植物生理学》，该教材被评为农业院校优秀教材并被列为国家精品教材；②主讲的“植物生理学”被列为国家精品课程，并转型升级为国家精品资源共享课程，带领的课程团队被评为国家级植物生物学教学团队；③组建了扬州大学植物生理学教学网站，植物生理学教学课件获全国多媒体大赛一等奖；④牵头申报与建设了扬州大学的植物学博士点和生物学博士后流动站；⑤参与申报和建设了江苏省/农业部作物遗传生理重点实验室，建成了植物形态解剖室；⑥编导的科教电视和指导拍摄的科教电影在中央电视台播放，其中《水稻杂交新技术》获农业部优秀纪录片“神农”银奖和优秀电视教材“金穗”一等奖等5个奖项；⑦主持完成了10多个国家自然科学基金项目，发表了200多篇论文，3项研究成果获省部级科技进步奖，⑧指导了14名博士生和45名硕士生，主讲的“高级植物生理学”课程被列为江苏省优秀研究生课程；⑨提交了20多个政协提案，其中2个被评为江苏省优秀政协提案；⑩完成《水稻的开花与结实——水稻生殖器官发育图谱》专著的撰写。

《水稻的开花与结实——水稻生殖器官发育图谱》是本人在职期间要完成的10件事中的最后一件事。为何我会与水稻结缘呢？追根溯源，要从当年的知青下乡说起。1969年3月，我从无锡市第四中学毕业后去了位于黄海之滨的江苏生产建设兵团十团(淮海农场)八连。当时，在那白花花的盐碱地上水稻亩^①产只有100多公斤^②，低得可怜。凭着年轻人血气方刚的冲劲和干劲，还有领导的支持，先是我一个人，后来又带领10个知青一起搞起了水稻高产试验田。俗话说“庄

① 1亩≈666.7m²，后同。

② 1公斤=1kg，后同。

稼一枝花，全靠肥当家”，我们起早贪黑地干，往地里施了不少肥，早期稻苗长势喜人，绿油油一片。但事与愿违，到了中后期，稻株疯长，叶软、秆细、封行早。刚抽穗，风一吹，雨一淋，大片倒伏。原先的“笑苗”变成了“哭稻”，稻谷产量还不到200公斤。有人便说：“小王种稻，草多谷少”。然而，我们并不气馁，分析出失败的原因：主要是自己缺乏科学的栽培知识。于是我刻苦学习农业技术，摸索水稻生长规律，每天想的最多的事就是如何在盐碱地上实现水稻丰产。第二年，我们施肥做到了“看天，看地，看苗”，并加强了灌水洗盐和除草治虫等措施，使种植的78亩水稻亩产达到了350公斤。第三年，我们用选留优质稻种培育壮秧，根据水稻阶段发育的特点，采取“攻头、保尾、控中间”的施肥方法，使水稻前、中、后三个时期的长势分别达到“黑、青、绿”的变化，保证了灌浆充足、籽粒饱满，水稻亩产达到了400公斤，高产田亩产超过了500公斤。1973年10月，《新华日报》报道了我痴迷于水稻丰产的事迹，由此，人们开始称我为“水稻迷”。“水稻迷”的冠名使我这个副排长又兼职起了连队农技员的职责，负责指导起千亩稻田的田间管理工作。

因“水稻迷”有了“名气”，1974年，兵团推荐我到江苏农学院读书。来之不易的上学机会，使我更加努力学习，争做品学兼优的学生。毕业后我被留校任教。留校的头几年，我的科研工作是协助导师高煜珠教授进行光呼吸和光合作用关系的研究，运用红外线CO₂气体分析仪测定作物的光合速率和光呼吸速率。由于对CO₂气体分析测定技能的娴熟，一次偶然的发现使我对水稻的开花产生了浓厚的兴趣，并迷上了水稻开花结实的研究。

那是1985年的水稻开花时节，我在用红外线CO₂气体分析仪测定稻穗的呼吸速率时发现，水稻颖花开花时的呼吸速率增高，颖内CO₂气体浓度能上升至5%，致使稻穗上每开一朵颖花，记录图上就会出现一个CO₂释放峰。这一现象启示我反复思考一个问题：CO₂是否是诱导水稻开颖的“扳机”？我把稻穗放在CO₂的气体或溶液里，放在苏打水中，甚至放进啤酒和汽水里，发现5%以上的CO₂气体或低pH的CO₂水溶液对水稻开颖有着显著的促进效应。控制水稻开颖对水稻的杂交育种与杂交稻制种是件有十分意义的工作。1988年，我申请的“水稻开颖机理及控制开颖新方法”科研项目得到了国家自然科学基金的资助，从此我开始刻苦学习显微摄影和电镜观察等技术，潜心钻研水稻颖花结构与开闭颖的关系。在3年中做了6000多张水稻颖花切片，拍摄照片用去了200多米的胶卷，在花器官结构、开闭颖机理和控制方法方面取得不少研究进展，“水稻开闭颖机理的研究”成果获得国家教委科技进步奖二等奖。

民以食为天，食以稻为先。水稻是主要的粮食作物，世界上有三分之一以上的人口以稻米为主食，我国更是水稻生产与稻米消费的头号大国。稻米又是水稻生殖生长的产物，生殖生长的好坏，尤其是颖果发育的状况决定着稻米的产量和品质。并且，我们掌握了控制颖花开放技术和精准标记子房受精和颖果发育时间的方法，

而这些技术方法十分有利于开展双受精、胚发生、胚乳形成及颖果发育等生殖生长的研究，因此课题组在完成“水稻开颖机理及控制开颖新方法”项目之后的20多年的时间里，相继开展了“水稻小穗轴构造与物质输导的关系”、“水稻幼穗的分化和生殖器官的发育”、“胚乳游离核的分裂和细胞化”、“胚乳表层细胞的发育与功能”、“胚乳细胞发育与颖果生长的关系”、“淀粉体和蛋白质体发育与稻米品质形成”等科研项目研究。在研究中我们拍摄了大量的有关水稻生殖器官、组织、细胞和亚细胞的形态结构照片。鉴于课题组的研究成果和国内水稻生殖器官发育图谱的缺乏，早在10年前我就萌生要撰写一本关于水稻生殖器官发育图谱专著的想法。经过多年的科研积淀，以及自学Photoshop等软件绘图，如今这一愿望终得以实现。本专著的出版为我有生之年要做成10件事的夙愿画上了句号，也让“水稻迷”有了新“归宿”，增添了新的“内涵”，即我已从当年在农场进行水稻丰产试验的宏观实践转入到了在细胞和亚细胞水平上探讨稻米粒重和品质形成的微观研究。

本书内容共分为8章。第1章介绍稻穗的形态结构；第2章介绍组成小穗的小穗轴、颖片、雌蕊、雄蕊和浆片的结构和功能；第3章介绍稻穗的发育，阐述幼穗分化、胚囊发育和花粉发育的过程及其发育与叶龄余数的关系；第4章介绍颖花的开闭过程及其浆片、花丝和小穗轴结构的变化，以及颖花开闭、花丝伸长和花药开裂的机理；第5章介绍受精作用，包括花粉在柱头上的萌发、花粉管的伸长、花粉管进入卵器、精细胞的释放和雌雄配子的融合；第6章介绍颖果的发育，包括胚、胚乳、果皮、种皮，以及整个颖果的发育；第7章介绍贮藏物质，如淀粉、蛋白质、植酸钙镁和脂类的积累，以及贮藏这些物质的淀粉体、蛋白质体、糊粉粒和圆球体的形成过程；第8章介绍根、叶、茎等营养器官的结构和功能，这是因为水稻生殖器官发育需要营养器官的养分供给。希望这样的章节编排能组成反映水稻生殖器官发育的结构体系。

另外本书有2个附录。附录1列出了我们科学研究作出的关于小麦、玉米、大麦和高粱等颖果生长和胚乳细胞发育的形态结构变化图谱。这样，世界上五大谷物的颖果和胚乳细胞在发育过程中的显微和超微结构变化都可在本书中查到。附录2介绍获取本专著图片的主要方法，活用这些方法能拍摄多种作物器官发育的进程，有效制作植物组织和细胞的显微和超微结构图谱。

本书在以下3个方面下了工夫。

(1) 发育进程与形态结构相结合：本书按生殖器官发生先后顺序，叙述了幼穗分化、胚囊发生、花粉形成、传粉受精、颖果(包括胚、胚乳、果皮、种皮)发育和胚乳内含物积累等过程，用图片展示出了水稻生殖器官在发育过程中显微和超微结构的变化特点。

(2) 形态结构与生理功能相结合：本书在形态结构上描述小穗轴、浆片、雌雄蕊、胚、胚乳、果皮等生殖器官的同时，还介绍了发育过程中相关代谢的变化，

并从生理上阐明这些生殖器官在水稻开闭颖、双受精、胚乳发育和物质积累等方面的功能，即从形态结构和生理功能两方面阐明生殖器官的发育机理。

(3) 图版图片与文字叙述相结合：本书共有200个图表，多数图片珍贵且来之不易，是本人和课题组人员在多年从事水稻开花结实和谷物胚乳细胞发育的研究中摄制的。图片力图清晰，注释力图确切，尽量做到图文并茂，并介绍获取图片的相关技术和方法(见附录)。为了使图版中的图片分割明晰及图片中文字显示清楚，对图片做了浮雕效果，对文字进行了描边处理。

回眸40年来，我的妻子顾蕴洁教授始终相伴左右，关爱支持。她原是苏州知青，与我是大学同学。我们有着相同的人生经历且在同一教研室从事相同的教学和科研工作。我所做的事情都伴着她的辛劳，在她的精心操持下，我有了一个温馨的家庭与和谐奋发的教学科研团队，没有她和团队成员的鼎力相助，我也难以做好各方面的工作，以及完成本专著的撰写。

本书中许多图片是我在日本茨城大学农学部和东京农工大农学部留学期间完成的。导师长南信雄和平泽正教授及其研究室的松田智明、土屋哲郎和大川泰一郎等先生在植物制样和电镜观察等技术方面给予了经验传授。名古屋大学的前田英三和武冈洋治教授在我访问其实验室期间给予热情接待和电镜观察的指导。日本的留学使我回国后能较快地建立了植物形态解剖室，并顺利开展水稻、小麦、大麦、玉米和高粱等五大谷物开花结实的形态结构和生理功能的研究。

本书涉及的研究得到国家自然科学基金的资助，出版得到扬州大学出版基金的资助，编写工作得到了科学出版社的指导。扬州大学的焦新安校长、张洪程、朱庆森、杨建昌、王余龙、金银根和韦存虚等教授，以及江苏里下河地区农科所的张洪熙和赵步洪研究员等对本书的出版给予极大的关心、支持和帮助。植物学科具有博士学位的熊飞教授，陈刚、吴晓霞和王莉副教授，攻读博士后的郑彦坤，攻读博士学位的王慧慧、刘大同、李栋梁、余徐润、孔好、李卫芳、汪月霞、刘智、王颀、陈娟、陈士强、刘满希和周宏伟等，攻读硕士学位的陈义芳、成勤勤、王敏、王玲玲、荆彦平、吴小妹、莫亿伟、钱善勤、许祥明、柳敏、练兴明、梁国斌、李克武、韩鹰、李运祥、陈相辉、袁秋华、马晓娟、谢兆伟、戴云霞、张文虎、钱晓旦、邓亚萍、王曼曼、张春良、王峰、赵蔚、翟千千、张二金、李小刚和于恒等研究生参与了科学研究和文稿整理等工作。在此深表谢意。

本书对所引用的图片、资料出处均尽可能作了标注，如有遗漏，敬请见谅。由于本人的理论知识和专业水平有限，撰写时间又较仓促，不妥之处恐在所难免，诚望读者批评指正。

王 忠

2014年9月10日(教师节)于扬州大学

目 录

序

引言	1
第 1 章 稻穗的形态结构	5
1.1 穗的形态	5
1.2 穗轴的结构	7
1.3 枝梗的结构	8
1.4 穗轴和枝梗中的维管束	10
第 2 章 小穗的结构和功能	13
2.1 内外颖	14
2.2 小穗轴	16
2.2.1 表皮与皮层	17
2.2.2 维管束	17
2.2.3 厚壁细胞	24
2.3 雌蕊	27
2.3.1 柱头	27
2.3.2 花柱	30
2.3.3 子房	30
2.4 雄蕊	32
2.4.1 花丝	32
2.4.2 花药	36
2.5 浆片	40
2.5.1 薄壁细胞	41
2.5.2 维管束	41
第 3 章 稻穗的发育	45
3.1 幼穗发育	47
3.1.1 幼穗分化	47

3.1.2	幼穗发育与叶龄余数	51
3.2	性细胞发育	52
3.2.1	胚囊发育	52
3.2.2	胚囊发育与叶龄余数	55
3.2.3	花粉发育	57
3.2.4	花粉发育与叶龄余数	61
3.3	稻穗发育的田间鉴定	63
3.4	稻穗发育中的程序性细胞死亡	63
3.5	影响稻穗发育的环境因子	64
第4章	颖花的开闭	66
4.1	开闭颖过程	66
4.2	开闭颖过程中浆片的变化	69
4.2.1	浆片各结构在开闭颖过程中的变化	69
4.2.2	浆片鲜重、干重和细胞水势的变化	75
4.3	影响开闭颖的因素	76
4.4	开闭颖的机理	79
4.5	雄蕊的变化	82
4.5.1	花丝结构在开闭颖过程中的变化	82
4.5.2	花丝伸长和萎蔫的机理	84
4.5.3	花药开裂及其机理	85
4.6	开闭颖过程中小穗轴的结构变化	86
4.7	开花后小穗中物质的转运	88
第5章	受精作用	91
5.1	花粉在柱头上的萌发	92
5.1.1	花粉粒的结构	92
5.1.2	花粉在柱头上的萌发	94
5.2	花粉管在雌蕊组织中的生长	97
5.2.1	花粉管的生长特性	97
5.2.2	花粉管定向生长的引导物	100
5.3	花粉管进入胚囊和精细胞释放	104
5.3.1	卵器的结构	104
5.3.2	花粉管进入助细胞	104
5.3.3	精细胞的释放	105

5.4 雌雄配子的融合.....	106
5.4.1 卵的受精.....	107
5.4.2 极核的受精.....	107
5.4.3 完成双受精的时间.....	107
第6章 颖果的发育	109
6.1 颖果的发育.....	109
6.1.1 颖果的生长和形态变化.....	110
6.1.2 颖果的淀粉分布和生理活性变化.....	112
6.1.3 粒重差异的颖果发育.....	113
6.2 胚的发育.....	118
6.2.1 胚发育过程中的形态结构变化.....	118
6.2.2 胚发育阶段的划分.....	121
6.2.3 胚发育的养分来源.....	122
6.3 胚乳的发育.....	124
6.3.1 胚乳发育时期的划分.....	124
6.3.2 游离核期.....	126
6.3.3 细胞化期.....	134
6.3.4 胚乳分化期.....	144
6.3.5 胚乳成熟期.....	156
6.4 果皮和种皮的发育.....	161
6.4.1 果皮的发育.....	165
6.4.2 种皮的发育.....	174
第7章 贮藏物质的积累	177
7.1 养分在颖果内运输的途径.....	177
7.1.1 颖果中的输导系统.....	177
7.1.2 颖果内养分向胚乳和胚运输的途径.....	181
7.2 淀粉的积累和淀粉体的发育.....	183
7.2.1 淀粉的积累.....	183
7.2.2 淀粉的合成.....	185
7.2.3 淀粉体的形态.....	187
7.2.4 胚乳淀粉体的发生.....	191
7.2.5 胚乳淀粉体的降解.....	198
7.2.6 糯与非糯胚乳淀粉体的差异.....	199
7.2.7 淀粉体的发育与某些品质的关系.....	203

7.3	蛋白质的积累和蛋白质体的形成	204
7.3.1	蛋白质的积累	205
7.3.2	蛋白质体的形成	207
7.4	植酸钙镁的积累与糊粉粒的形成	212
7.4.1	植酸钙镁的积累	212
7.4.2	糊粉粒的形成	216
7.5	脂类的积累和圆球体的形成	218
7.5.1	脂类的积累	218
7.5.2	圆球体的形成	219
第 8 章	营养器官的结构和功能	222
8.1	根的结构和功能	222
8.1.1	根的发育和结构	222
8.1.2	根的特殊结构和生长特性	232
8.2	叶的结构和功能	238
8.2.1	叶片的结构和功能	238
8.2.2	叶鞘的结构和功能	244
8.3	茎的结构和功能	246
8.3.1	茎的基本结构	247
8.3.2	维管束的结构与功能	250
8.3.3	茎中维管束的走向和物质运输	252
	参考文献	254
附录 1	主要谷物颖果生长和胚乳细胞发育的图谱	262
附录 2	获取本专著图片的主要方法	298

引 言

国以民为本，民以粮为安，粮以稻为先。水稻(rice, *Oryza sativa*)是主要的粮食作物，世界上有1/3以上的人以稻米为主食，我国更是水稻生产与稻米消费的第一大国，水稻栽培面积约占粮食作物种植面积的1/3，产量接近粮食总量的1/2，以稻米为主食的人口有2/3。稻米产量的高低及其品质的优劣与国民经济和人们的生活息息相关。因此，我国的生物学家和农学工作者都十分重视水稻的研究和生产。

从生长(growth)的角度看，水稻一生，即水稻的全生育期可分为营养生长(vegetative growth)和生殖生长(reproductive growth)两个阶段，这两个阶段的划分通常以幼穗分化(panicle differentiation)为界限。从种子萌发到幼穗分化前为营养生长阶段，主要进行根、茎、叶和分蘖等营养器官的扩大生长；从幼穗开始分化到稻谷成熟为生殖生长阶段，主要进行幼穗、颖花、子房和颖果等生殖器官的形成和发育(图I)。

根据水稻植株发育的状况，可将水稻一生粗分为幼苗期、分蘖期、长穗期和结实期4个时期。前两个时期植株进行营养生长；第三个时期为幼穗分化到抽穗的长穗期，茎叶和幼穗同时生长，是营养生长和生殖生长的并进期；最后一个时期植株主要进行生殖生长。根据水稻植株外部形态，又可将水稻整个生育期细分为幼苗期、有效分蘖期、无效分蘖期、长穗期、开花期、乳熟期、腊熟期和完熟期共8个生育时期。即将粗分的分蘖期细分为有效分蘖期和无效分蘖期2个时期；粗分的结实期细分为开花期、乳熟期、腊熟期和完熟期4个时期。图I展示了水稻一生中植株形态、主要器官的生长曲线和生育时期的划分。

从生命周期(life cycle)的角度看，水稻一生，即从发生到死亡要经历无性和有性两个世代，无性世代也称孢子体世代(sporophyte generation)，有性世代也称配子体世代(gametophytic generation)。水稻的孢子体是由根、茎、叶、穗、颖花、颖果等构成的植物体，而配子体是由雄蕊花药中产生的花粉粒和由雌蕊子房胚珠中产生的胚囊构成。孢子体世代包括：种子萌发长成植株，到开花前雌蕊中的胚囊母细胞的形成和雄蕊中花粉母细胞形成为止的这一阶段，而配子体世代是从胚囊母细胞和花粉母细胞减数分裂后，形成大孢子四分体(未成熟胚囊)和小孢子四分体(未成熟花粉粒)开始直到成熟胚囊和花粉粒形成为止的整个阶段。虽然水稻

的世代交替是孢子体的无性世代占绝对优势，配子体还寄生于孢子体上，其发育离不开孢子体的营养供应；然而，植物完成生命周期离不开配子体的发育，只有配子体世代和孢子体世代有规律地交替进行才能完成世代延续。由于水稻的配子体微小，并深藏在孢子体中，非肉眼所能窥见，因而有关水稻有性世代过程至今还有许多问题没有探明。图II是著者根据现有知识绘制的水稻生命周期的图解，展示无性世代和有性世代的过程和两者间的关系。

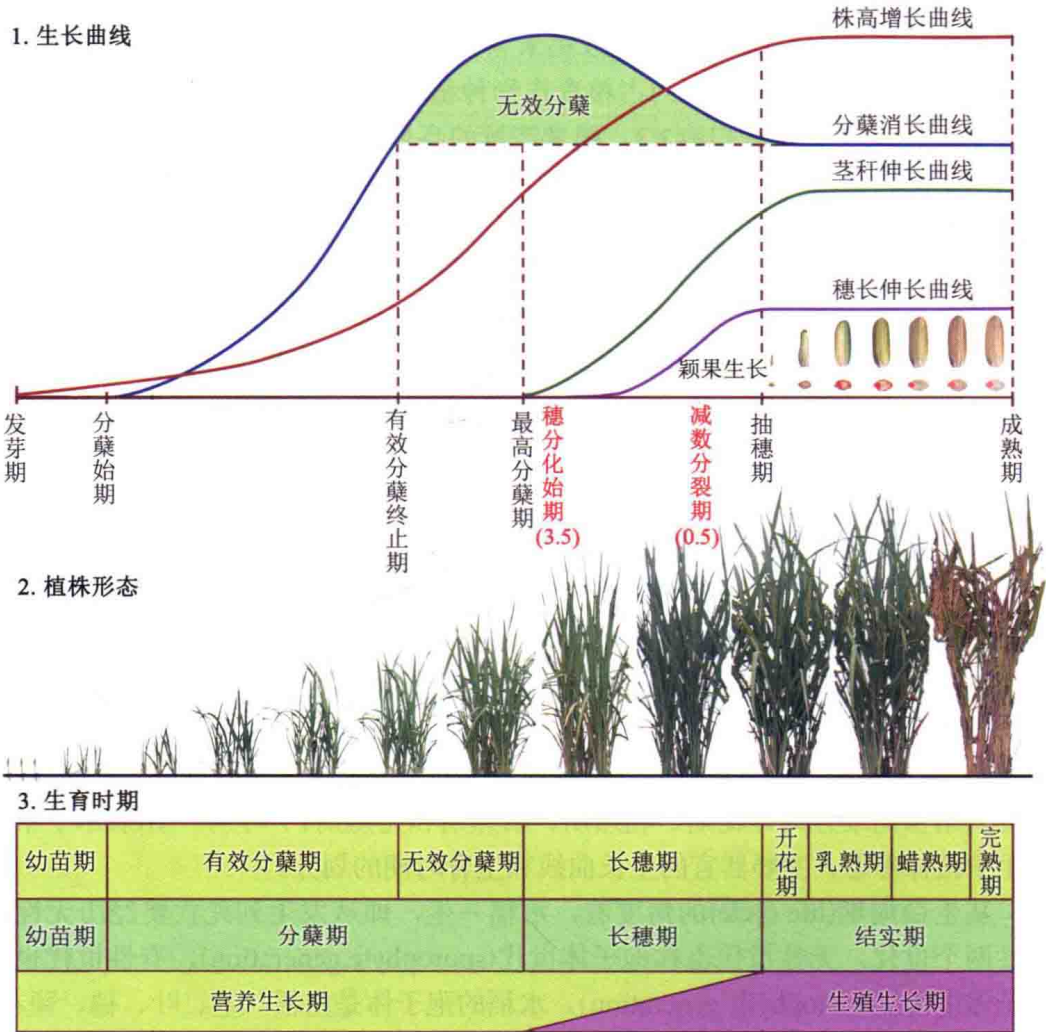


图 I 水稻一生示意图 (王忠和郑彦坤 制作)

1. 生长曲线：株高、茎秆、穗长和颖果的生长曲线均为“S”字形，纵轴为相对生长量，横轴为生育期，红字为穗分化的两个关键时期，括号中数字为叶龄余数；2. 植株形态：植株大小、形态和色泽在生育期变迁中发生显著的变化；3. 生育时期：水稻一生可分为营养生长和生殖生长两个阶段，两个阶段的划分通常以幼穗分化为界，水稻一生粗分为幼苗、分蘖、长穗和结实4个时期，细分为8个时期。

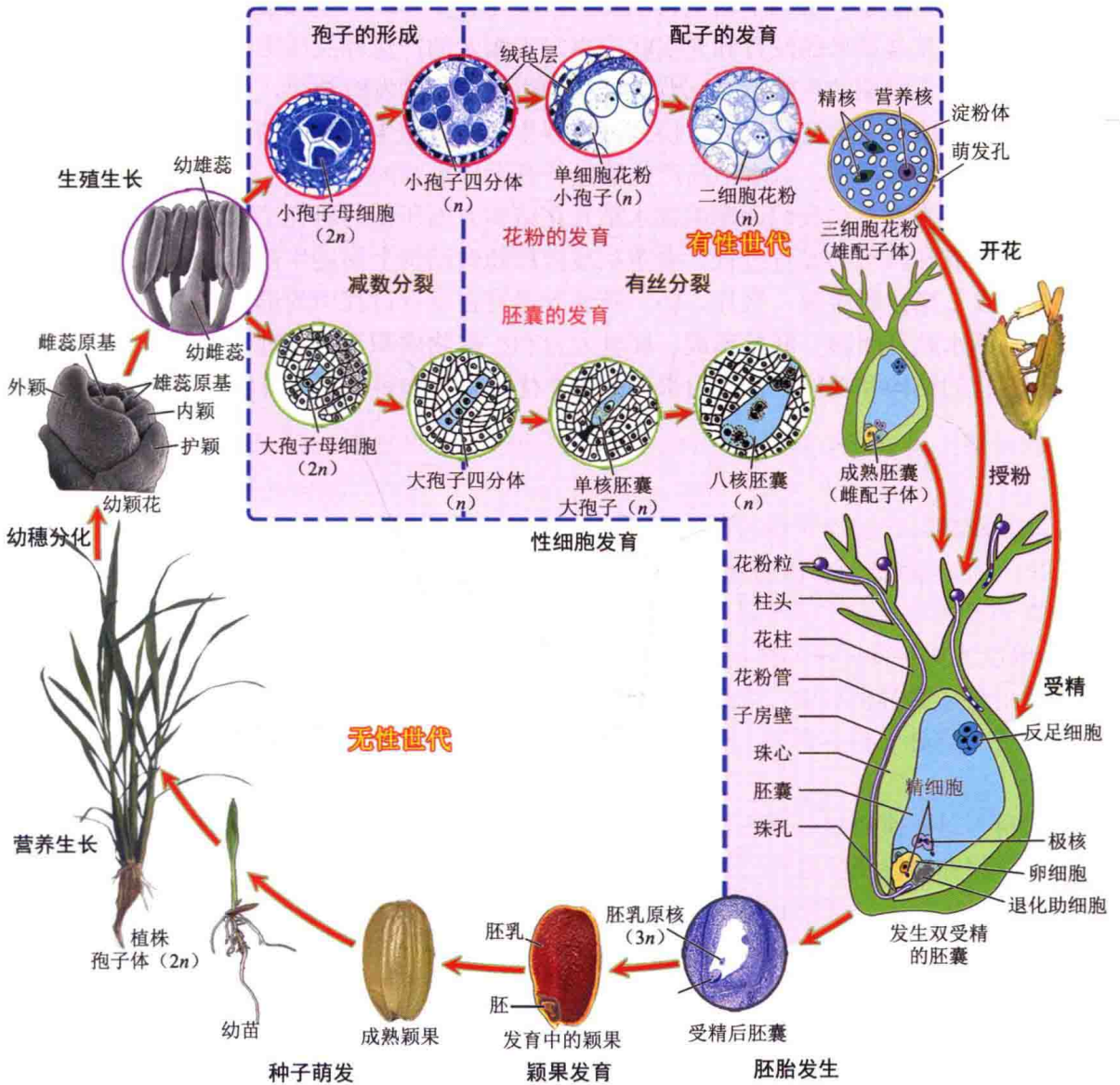


图 II 水稻的生命周期的图解 (王忠 制作)

水稻的生命周期经历胚胎发生、颖果发育、种子萌发、营养生长、幼穗分化、生殖生长、开花、授粉和受精等过程。包括无性和有性两个世代。从合子(受精卵)发育成绿色植株,并形成胚囊母细胞和花粉母细胞,这一阶段是无性世代或孢子体世代。孢子体世代的体细胞染色体是二倍体(2n)。孢子体发育到一定程度以后,在花药和胚珠内发生减数分裂,形成单倍体的大孢子和小孢子,由大孢子四分体和小孢子四分体开始到形成成熟胚囊和成熟花粉粒为止的整个阶段是有性世代或配子体世代。配子体世代中体细胞的染色体是单倍体(n)。雌雄配子受精形成合子,标志着有性世代的结束,无性世代的重新开始。从合子开始到合子结束,染色体倍性跨越了 $2n \rightarrow n \rightarrow 2n$ 3个阶段。在水稻的生命周期中,大部分时间是孢子体体积的增长和组织的分化。配子体世代短暂,并在孢子体内度过。雌性细胞发育过程见第3章;双受精过程详见第5章;颖果发育过程参见第6章。

营养生长是生殖生长的基础，营养生长的好坏决定着生殖器官形成和物质积累的数量和质量。水稻生殖生长主要进行颖花发生和颖果生长发育，生殖生长的好坏，尤其是颖果的发育和充实状况决定着稻米的产量和品质形成。因此，了解水稻一生各时期的生育特点，营养器官和生殖器官的发育规律，生命周期中两个世代有规律地交替变化过程，协调好营养生长和生殖生长之间的关系，促进颖果的发育和物质积累，对水稻高产优质生产有十分重要的意义。

本书主要总结我们课题组在水稻开花结实方面所做的研究工作，介绍稻穗的形态建成和颖果的发育过程。着重从显微和超微结构上描述生殖器官形成和结构的特点；描述雌雄蕊、浆片、胚、胚乳等器官在发育过程中的形态变化；从生理上阐明水稻开闭颖、胚胎形成、胚乳发育和贮藏物质积累等机理。同时也介绍营养器官的结构和功能。旨在为水稻的高产优质生产和科学研究提供理论和方法。