

16.2613/112



水稻栽培生理

上海师范大学生物系

上海市农业学校

上海科学技术出版社

水稻栽培生理

上海师范大学生物系 编
上海市农业学校

上海科学技术出版社

水稻栽培生理

上海师范大学生物系编
上海市农业学校

上海科学技术出版社出版

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所发行 上海市印刷四厂印刷

开本787×1092 1/32 印张13.75 插页1 字数290,000

1978年4月第1版 1978年4月第1次印刷

书号: 16119·601 定价: 1.10元

编 者 的 话

关于栽培生理的问题，国内早在六十年代就已提出。它是研究农作物在栽培条件下某些重要生理机能及其在整体生长发育中的变化规律，主要包括高产优质的生理基础，生育习性及其控制途径，栽培措施（如合理施肥、科学用水、合理密植等）和增产措施的生理实质，以及抵制不良外界条件的有关生理问题。栽培生理，是作物栽培的直接理论基础，是植物生理学和作物栽培学之间的连接点，也是更合理地安排栽培措施、控制农作物生长发育，把作物栽培技术建立在可靠的生理基础上的学科。

我国栽培水稻历史悠久，经验丰富，解放以来，在水稻生理方面的科学试验成果也很多。为了实现伟大领袖和导师毛主席提出的在本世纪末实现“四个现代化”，“将来，中国要变成世界第一个高产的国家”的遗愿，为了实现英明领袖毛主席提出的“抓纲治国”的战略决策，适应农业学大寨、普及大寨县和水稻生产、科研的需要，我们试编了这本《水稻栽培生理》。在内容安排上，本书的前半部分是依据水稻生长发育的几个重要阶段来阐述水稻生育习性及其控制途径，从而达到高产、优质的生理基础；本书的后半部分是依据毛主席提出的农业“八字宪法”来阐述若干栽培措施（品种利用、合理施肥、水浆管理、合理密植）的生理基础。在具体编写时，我们着重长江中、下游水稻栽培中影响产量的一些重大生产问题及有

效的栽培技术，引用一些国内外资料，进行生理上的分析，力求对解决这些生产问题有所启发，而对于具体的栽培措施的叙述则较为概括、原则。此外，在书末还附有常用的水稻栽培生理实验 15 个（共计 26 个方法）。由于编写《水稻栽培生理》还是初次尝试，加之编者水平有限，书中肯定有错误和不当之处，敬希读者批评指正，以便使本书逐渐完善。

参加本书编写的人员有黄祥辉、胡茂兴、吴吉仁、管和以及张志良等同志。在编写过程中，我们得到了浙江省农科院，浙江农业大学，江苏农学院，华中农学院，江苏省宜兴五七农大，武汉大学生物系，湖南师范学院生物系，湖南省水稻研究所，中国科学院上海植物生理研究所，上海市农科院等单位的大力协助，提供了宝贵的资料和意见，谨此表示真诚的感谢！

1978 年 2 月

绪 言

伟大领袖和导师毛主席教导我们：“一个粮食，一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。”农业是国民经济的基础，粮食是基础的基础。粮食不仅关系到人民生活的问题，而且影响到整个国民经济的发展和无产阶级专政的巩固。坚持以阶级斗争为纲，抓革命、促生产，做到粮食年年丰收，就可以使我们手中有粮，心里不慌，脚踏实地，喜气洋洋。而水稻又是我国的重要粮食作物，在全国粮食生产中占有举足轻重的地位，不论是种植面积还是总产量，都居粮食作物中的第一位。据统计，我国水稻面积接近全国粮食作物面积的三分之一，总产几乎占一半。因此，发展水稻生产，对促进粮食增产，落实毛主席关于“备战、备荒、为人民”，“深挖洞，广积粮，不称霸”的伟大战略方针，具有十分重要的意义。

水稻之所以在我国粮食作物生产中占有如此重要地位，这也和它具有如下特点有关：

由于水稻的类型多，有对地理位置、地势高低适应的籼、粳型，有对不同茬口和耕作制度适应的早、中、晚稻类型，每一类型又有早、中、晚熟品种，因而水稻具有广泛的适应性。水稻在我国分布很广，东起台湾省及其所属岛屿，西到新疆，南自热带的海南岛等岛屿，北至温带的黑龙江省的最北部；低从河滩海滨，高达海拔 2500 米（目前世界种植水稻最高界限）的云贵高原，都有水稻的栽培。

由于水稻是灌水栽培的作物,可以通过以水调肥、以水调气、以水调温,易于对其生长发育进行促控,因而水稻有比较稳定的高产性。

由于水稻单位面积穗数较多,每穗粒数较多,“谷草比”(最后收获时谷重与稻草重的比例)高,利用肥料效率高,因而有较好的丰产性。

稻米富有营养价值,一般平均含碳水化合物 75~79%,蛋白质 6.5~9%,脂肪 0.2~2%,纤维 0.2~1%,灰分 0.4~1.5%,它含粗纤维最少。稻米蛋白质含量虽低,但生物价(即吸收的蛋白质构成人体蛋白质的数值)可与大豆相比;同时,各种成分的可消化率和吸收率高。因而稻米和小麦一样,是人们的主要食粮。

此外,还由于水稻具有很强的抗逆性,低洼及盐碱地等其他作物不能完全适应的土地,都可种水稻,并通过种植水稻改良土壤,促进农田水利规划和建设。可见,发展水稻生产,对我国社会主义革命和建设,具有极为重要的意义。

我国不仅是世界上水稻栽培最古老的国家,也是世界上栽培稻起源地之一。据浙江省余姚县河姆渡新石器时代遗址出土的大量稻谷、稻壳、稻秆和稻叶的堆积物,以及大量的骨耜(翻土工具)表明,我国水稻栽培已有 6000~7000 年以上的历史(该文化层出土的木头用 C^{14} 测定年代为 6310 ± 100 年,树轮校正年代距今 6960 ± 100 年)。该遗址碳化稻谷经鉴定,属栽培稻的籼亚种晚籼型水稻,学名为 *Oryza Sativa* L. Subsp *hsien* Ting。再联系到我国南方广泛分布野生稻(属籼稻型),足以证明我国是世界上栽培稻起源地之一。

在几千年的生产实践中,我国劳动人民积累了丰富的水

稻栽培经验。不仅培育了大量的优良品种，而且有许多古农书将水稻栽培经验系统化、理论化，如 2000 多年前的《汜胜之书》，1400 多年前的《齐民要术》，明末的《天工开物》，就是比较突出的，这些都为我国水稻高产创造了有利条件。

但是，在解放前，由于帝国主义、封建主义和官僚资本主义的残酷剥削和压迫，我国水稻生产和其他农作物生产一样，遭受严重摧残。长期以来，水稻面积不能扩大，单位面积产量停滞不前，对于水稻科研更无人过问。生产的稻米不但不能自给，每年还要从国外输入“洋米”。

新中国成立以后，在毛主席和党中央的英明领导下，完成了土地改革、农业合作化和人民公社化。我国农村社会变革的伟大胜利，大大解放了生产力。优越的社会主义制度和集体经济的巨大威力，推动了我国水稻生产和科研的发展。广大贫下中农遵循毛主席提出的农业“八字宪法”，为革命科学种田，水稻栽培面积不断扩大，产量不断上升，并早在五十年代末、六十年代初，我们就逐步实现了水稻品种矮秆良种化，进一步推动了我国水稻生产。

毛主席亲自发动和领导的无产阶级文化大革命，粉碎了刘少奇、林彪、“四人帮”三个资产阶级司令部，大大提高了人民群众的阶级斗争和路线斗争觉悟，激发了增产粮食的积极性。广大贫下中农、革命干部和科技人员相结合，认真学习马列主义和毛泽东思想，深入开展“农业学大寨”运动，使我国水稻生产和科研得到了迅速发展。到七十年代初，我国水稻单产已大大超过世界平均水平。我国不仅在南方稻区出现了连续八年水稻常年亩产超过双千斤的福建省闽侯县杨厝大队，而且在无霜期只有一百五、六十天的北方稻区，也出现了连续

五年常年亩产超千斤的辽宁省营口市水源大队等先进单位。

随着水稻生产的迅速发展，也为我国水稻栽培生理的发展提出了新课题，提供了新前景。特别是在长江中、下游一带，随着耕作制度的改革，三熟制的发展，使粮食产量大大提高。但同时也出现了品种搭配上生育期长短与高产，早稻育秧中的壮秧与烂秧，早稻幼穗分化期的低温为害与后期的高温逼熟，后季稻的“翘穗头”，以及适应机械化等一系列矛盾和问题。由于广大科技人员与贫下中农相结合，近几年来在许多重大研究课题上，如解决烂秧死苗，水稻机插早发早熟，合理施肥灌溉，营养诊断，避免高、低温为害，降低空秕率，防止“翘穗头”等，均在理论与实践的结合上取得了进展。

尤其令人鼓舞的是，在英明领袖华国锋主席亲切关怀和指导下，1973年我国成功地育成杂交水稻，使杂种优势用于水稻生产成为现实。杂交水稻培育成功和推广应用，是种子工作上的重要突破，是我国水稻生产上的又一项重大技术革新，这不仅为我国水稻低产变高产，高产更高产开辟了新的途径，也为我国水稻栽培生理的研究开辟了新的领域。几年来，在解决花期不遇、提高异花授粉率等生理问题以及水稻杂种优势的生理基础研究上，均取得了初步的可喜成果。

革命在继续，生产在发展。在毛主席革命路线指引下，我国水稻生产和科研虽然取得了一定成绩，但与整个社会主义革命和建设飞跃发展的形势相比，还要努力作战。我们相信，在英明领袖华主席为首的党中央领导下，在华主席提出的“抓纲治国”伟大号召下，我国水稻生产和科研必将得到更快的发展，做到有所发现，有所发明，有所创造，有所前进，为中国革命和世界革命作出新的贡献。

目 录

绪 言

第一章 水稻的一生及其产量形成过程..... 1

一、水稻的一生..... 1

二、水稻的生育类型..... 3

三、水稻产量的形成..... 5

第二章 种子萌发和秧苗生长..... 9

一、种子的形态和结构..... 9

二、种子的萌发..... 13

(一)种子的萌发过程..... 13

(二)种子萌发时的物质转化..... 14

(三)种子萌发的条件..... 18

三、秧苗的生长..... 27

(一)出叶..... 27

(二)叶龄..... 28

(三)扎根..... 29

(四)断奶肥及其效应..... 33

(五)影响秧苗生长的外界因素..... 37

(六)秧苗碳、氮水平的调节..... 47

四、杂交水稻秧苗的生长和发根力..... 48

五、发生烂秧的原因及其防止途径..... 49

(一)烂种..... 50

(二)烂芽·····	51
(三)死苗·····	55
第三章 水稻的分蘖·····	61
一、分蘖对于增产的作用·····	61
二、分蘖发生的过程·····	66
(一)分蘖的发生和命名·····	66
(二)分蘖的生长·····	68
(三)叶、蘖同伸·····	69
三、分蘖和主茎间的物质运输·····	72
四、影响分蘖发生的因素·····	76
(一)影响分蘖发生的内部因素·····	76
(二)影响分蘖发生的外界条件·····	78
五、有效分蘖和无效分蘖·····	83
(一)分蘖成穗的规律·····	84
(二)外界条件对分蘖成穗的影响·····	85
(三)计算分蘖成穗的公式·····	85
六、高产田群体的茎、蘖动态·····	87
第四章 茎的生长和稻穗分化·····	93
一、茎的生长·····	93
(一)茎的形态和机能·····	93
(二)茎的生长方式·····	95
(三)茎秆的形成和发育过程·····	96
二、幼穗的分化·····	100
(一)稻穗和颖花的形态·····	100
(二)幼穗的分化过程·····	103
附：花粉和胚囊的发育·····	109
(三)鉴定幼穗分化时期的简易方法·····	120

三、影响幼穗分化的因素	129
(一)影响壮穗的内部因素	129
(二)影响幼穗分化的外部因素	132
第五章 籽粒的形成和成熟	138
一、抽穗和开花	138
(一)抽穗	138
(二)开花	139
(三)授粉和受精过程	144
二、籽粒的形成和成熟	150
(一)胚和胚乳的发育	150
(二)米粒的生长与成熟	155
三、增粒增重的生理基础	157
(一)光合产物的供应量及其转化	158
(二)产品器官的容积	163
(三)光合产物的运输方向和速度	164
四、空秕粒形成原因及其控制途径	167
(一)空秕粒产生的生理因素(内部因素)	167
(二)空秕粒形成的外界条件及其控制途径	173
(三)杂交水稻制种、繁殖中的空秕率问题	194
第六章 水稻品种的发育特性	202
一、水稻的发育特性	202
(一)水稻的感温性、感光性和基本营养生长性	203
(二)光周期现象	205
(三)成花的温度效应	214
二、早、中、晚稻的发育特性	218
(一)晚稻的发育特性	218
(二)早稻的发育特性	220

(三)中稻的发育特性·····	222
三、水稻品种发育特性在生产上的应用·····	224
(一)在栽培上的应用·····	224
(二)预测生育期·····	229
(三)在引种上的应用·····	233
第七章.合理密植的生理基础 ·····	236
一、光合作用器官和光合作用过程·····	236
(一)叶的形态结构·····	236
(二)叶的生长·····	241
(三)光合作用和光呼吸·····	245
(四)影响光合作用的外界因素·····	251
二、群体对光能的利用·····	257
(一)水稻群体光能利用的分析·····	257
(二)合理扩大叶面积,提高群体光能利用率·····	260
(三)叶面积大小和净同化率的关系·····	262
(四)光合性能与水稻产量·····	264
三、高产水稻的群体结构及其调节·····	266
(一)水稻的群体结构·····	266
(二)合理密植增产的生理依据·····	271
(三)水稻群体结构的调节·····	273
第八章 施肥的生理基础 ·····	281
一、水稻必需的无机元素及其生理作用·····	281
(一)氮·····	281
(二)磷·····	284
(三)钾·····	284
(四)硅·····	285
(五)镁、钙、硫·····	286

(六)铁、锰、硼、锌、钼、铜	286
二、水稻的根系	287
(一)水稻根系的形态解剖特点	287
(二)水稻根系的生长	291
(三)水稻根系的机能	294
三、影响根系吸收的因素	301
(一)土壤的通气性	301
(二)呼吸抑制物质	303
(三)日照	305
(四)温度	305
(五)盐	306
(六)营养状态	306
四、水稻的需肥规律及施肥原则	307
(一)水稻的需肥规律	307
(二)水稻的施肥原则	314
第九章 水浆管理的生理基础	324
一、水稻的耐湿性	324
(一)水稻根解剖上的适应性	324
(二)水稻生理上的适应性	325
二、水和水层对水稻生长发育的意义	326
(一)生理需水	326
(二)生态需水	327
三、水稻的需水规律及其水浆管理原则	330
(一)水稻的需水规律和根系吸水	330
(二)水稻的水浆管理原则	333
第十章 看苗诊断	346
一、看苗诊断的依据	346
(一)看根的颜色	346

(二)看叶色变化·····	348
(三)看叶片大小·····	349
(四)看群体叶面积动态·····	350
(五)看分蘖消长·····	351
二、各生育阶段诊断指标的适宜范围·····	352
(一)分蘖期的长势长相·····	352
(二)拔节孕穗期的长势长相·····	353
(三)抽穗结实期的长势长相·····	354
三、生理障碍诊断·····	355
(一)早稻僵苗·····	355
(二)早穗·····	359
(三)后季稻的“翘穗头”·····	361
(四)空秕粒·····	362
(五)倒伏·····	363
(六)早衰·····	365
(七)贪青·····	366
(八)药害·····	366
(九)肥害·····	367
附录：水稻栽培生理实验方法·····	368
一、种子发芽率的快速测定·····	368
(一)氯化三苯四氮唑法(TTC 法)·····	368
(二)溴麝香草酚蓝法(BTB 法)·····	369
(三)红墨水染色法·····	371
附：种子发芽率常规测定法·····	371
二、呼吸强度的测定·····	372
(一)简易呼吸测定法·····	373
(二)呼吸比重瓶法·····	374
三、pH 比色法测定大田光合强度·····	377

四、改良半叶法测大田光合强度	385
五、糙米蛋白质含量快速测定	387
(一)光电比色法	387
(二)直接蒸馏法	388
六、可溶性糖的测定(蒽酮法)	391
七、根系活力的测定	393
(一) α -萘胺氧化法	393
(二)吸附甲烯蓝法	395
附:根系体积的测定——水位取代法	397
(三)伤流液量测定法	398
八、叶绿素含量的测定	399
(一)目视比色法	399
(二)分光光度法	401
九、水稻植株的营养诊断(速测)	402
(一)植株氮素营养诊断(淀粉—碘试法)	403
(二)植株氮素营养诊断(氨基氮-茚三酮法)	405
(三)植株磷素营养诊断(磷钼蓝法)	407
(四)植株钾素营养诊断(亚硝酸钴钠—异丙醇法)	410
十、水稻花粉母细胞的观察	412
十一、花粉活力的测定	414
(一)碘-碘化钾染色测定法	414
(二)过氧化物酶测定法	414
十二、空瘪粒的鉴别	416
十三、叶面积系数的测定	417
十四、田间考察方法	419
(一)生育期记载	419
(二)生长情况考察	420
十五、测产考种方法	421

第一章 水稻的一生及其 产量形成过程

水稻从种子发芽开始,经过一系列生长发育过程,直到形成新的种子,构成水稻的一生。在这一生中,水稻在形态结构、生理生化等各方面都发生一系列的变化。我们为了掌握和认识这些变化的规律性,依据水稻生长发育过程中的特点,把水稻的一生划分成若干个时期。

水稻的产量是由每亩穗数、每穗粒数及粒重三个因素构成的。而穗数、粒数和粒重,又是在水稻生长发育过程中先后形成的。因此,我们又必须了解水稻产量形成的阶段性,以及它们之间互相联系,才能采取措施于前,发生作用于后,夺取水稻高产更高产。

一、水稻的一生

在水稻一生中,有着两种彼此联系,而又大不相同的生长阶段,即营养生长和生殖生长阶段。营养生长阶段是指从种子萌发起到幼穗开始分化前的一段时期,主要是形成营养器官,长根、长叶、长分蘖的阶段,也是植株体内积累有机物质,为生殖生长提供物质基础的阶段;生殖生长阶段是从幼穗开始分化到新的种子形成,主要是长茎、长穗、开花、灌浆、结实,形成产量器官的阶段。

营养生长阶段可分为两个生育时期,即秧苗期和分蘖期。