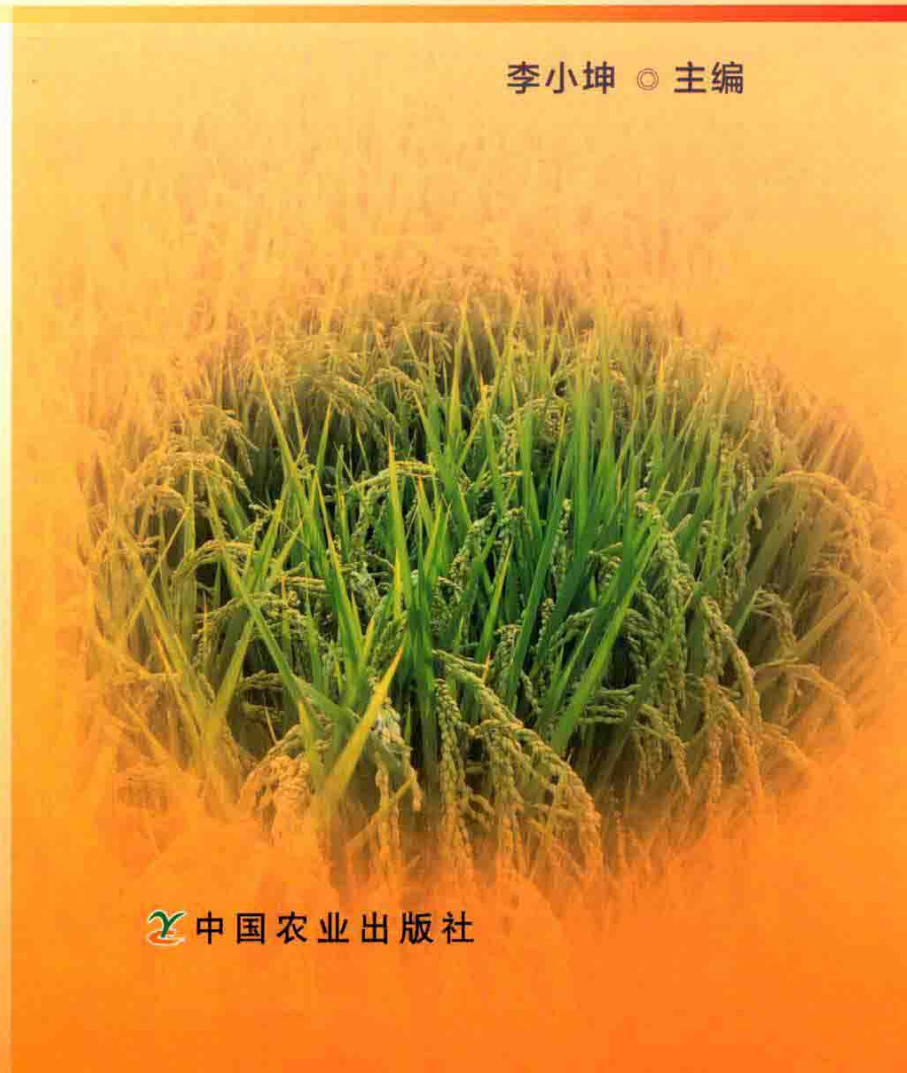




水稻

营养特性及科学施肥

李小坤 ◎ 主编



 中国农业出版社



水稻

营养特性及科学施肥

李小坤 ◎ 主编



中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水稻营养特性及科学施肥 / 李小坤主编. —北京:
中国农业出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-109-21915-1

I. ①水… II. ①李… III. ①水稻栽培—施肥 IV.
①S511.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 166371 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)
(邮政编码 100125)
责任编辑 魏兆猛

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 15 插页: 4

字数: 335 千字

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)

内容提要

本书系统地介绍了水稻生产概况、水稻的生长发育过程、稻田土壤物理和化学性质、土壤养分及分级指标、水稻营养特性和营养诊断技术，着重介绍了水稻施肥效果、水稻养分吸收及肥料利用率、水稻肥料推荐用量和施用方法，以及水稻高产高效技术规程。本书内容全面、新颖，整合了作者所在研究团队十多年的科研成果；重点突出，侧重介绍水稻营养特性及施肥技术；通俗易懂、图文并茂，具有实用价值高、技术先进、操作性强等特点，可供水稻生产一线的技术人员、稻农、肥料生产及销售人员、农业院校师生阅读参考。



主 编 李小坤

参编人员 (以姓名拼音为序)

丛日环	郭 晨	侯文峰	李岚涛
李鹏飞	廖世鹏	鲁剑巍	任 涛
王 森	王伟妮	汪 洋	张江林
张洋洋			

前 言

水稻作为世界上最重要的粮食作物之一，在全球粮食生产和消费中具有举足轻重的地位。世界上一半以上的人口以稻米为主食。中国是世界上最大的稻米生产国和消费国，水稻生产为我国十几亿人民的粮食需求供给提供了重要的保障。我国也是稻作历史最悠久、水稻遗传资源最丰富的国家之一，水稻栽培历史可以追溯到1万年以前。

养分是植物生长的基础，肥料是作物的“粮食”。科学研究与生产实践证明，肥料投入在水稻生产中起到非常关键的作用。科学施肥可以明显提高水稻产量、改善稻米品质、促进农民增收，同时显著减少肥料施用量。然而，随着第二、第三产业的发展和城市化的推进，大量农村劳动力向城市转移，真正从事农业生产活动的劳动力数量和质量均急剧下降。水稻施肥方式粗放、养分比例失调、盲目施肥等现象时常发生，由此导致水稻产量和品质降低，施肥效益下降，耕地质量退化，农作物病虫害普遍发生，大量氮、磷流失造成农业面源污染加剧，部分地区水土富营养化程度加快，生态环境恶化，农业综合生产能力降低，严重制约着农业生产的持续发展。

为了更好地指导水稻生产，用好肥料，发挥好肥料的增产增收作用，华中农业大学资源与环境学院养分管理课题组编写了《水稻营养特性及科学施肥》。全书共分七章，主要介绍了水稻生产概况、水稻的生长发育过程、稻田土壤物理化学和微生物学性质、土壤养分及分级指标、水稻营养特性和水稻营养诊断技术等基本知识。重点介绍了水稻施肥效果、水稻养分吸收及肥料利用率、水稻肥料推荐用量、养分的配合施用、运筹、施用方法及水稻高产高效技术规程。另外，书后附有水稻营养失调症状图谱。

本书由李小坤主编，具体编写分工如下：丛日环等编写第二章第一节至第四节；李岚涛等编写第四章；李小坤等编写第一章、第五章第四节和第五节、第七章第三节至第五节；鲁剑巍等编写第三章第一节至第六节的营养元素失调部分；任涛等编写第三章第一节至第三节；王伟妮等编写第二章第五节、第五章第一节至第三节、第六

章、第七章第一节和第二节；张洋洋等编写第三章第四节至第六节。全书由李小坤统稿。

课题组近年来主持和参加的公益性行业（农业）科研专项“主要粮食作物一次性施肥技术与示范（201303103）”、十一五国家科技支撑计划“长江中下游水旱轮作区高效施肥关键技术与示范（2008BADA4B08）”、公益性行业（农业）科研专项“农作物最佳养分管理技术研究与应用（201103003）”、公益性行业（农业）科研专项经费项目“钾肥高效利用与钾素替代技术研究（201203013）”、公益性行业（农业）科研专项“三熟区耕地培肥与合理轮作制（201503123）”、中央高校基本科研业务费专项资金“水旱轮作制高产高效施肥技术体系构建与应用（2662015PY135）”、中央高校基本科研业务费专项资金“水稻—油菜轮作体系养分循环特征与养分高效利用调控机制（2662013PY113）”、国家测土配方施肥、耕地保护与质量提升等项目的研究成果为本书提供了丰富的资料和素材。

本书可为我国水稻高产高效生产提供参考，可供从事相关科研、教学、技术推广及肥料生产、销售人员使用。由于编者水平有限，错误和不当之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年6月

目 录

前言

第一章 水稻概况	1
第一节 水稻生产	1
一、世界水稻生产概况	1
二、我国水稻生产概况	2
第二节 水稻的生长发育	3
一、水稻的一生	3
二、水稻幼苗期的生长发育	4
三、水稻分蘖期的生长发育	5
四、水稻长穗期的生长发育	6
五、水稻结实期的生长发育	7
六、水稻的生育特点	8
七、水稻产量的形成	9
第二章 稻田土壤	11
第一节 土壤物理性质	11
一、土壤孔性	11
二、土壤结构性	13
三、土壤耕性和力学性质	14
第二节 土壤化学性质	17
一、土壤胶体	17
二、土壤电性与离子交换	18
三、土壤酸碱性	19
四、稻田土壤氧化还原反应	20
第三节 土壤微生物特性	21
一、碳氮转化与微生物结构特性	21
二、甲烷相关微生物群落特性	22
三、氮循环相关微生物群落特性	23
第四节 土壤养分	24

一、土壤氮素循环	24
二、土壤磷素循环	26
三、土壤钾素循环	28
四、土壤中的钙、镁、硫	31
五、土壤中的微量元素	32
第五节 土壤养分分级指标	35
一、土壤供氮能力分级指标	35
二、土壤供磷能力分级指标	38
三、土壤供钾能力分级指标	41
四、小结	45
第三章 水稻营养特性	47
第一节 水稻氮素营养	47
一、氮的含量、形态与分布	47
二、氮的生理功能与水稻生长发育	48
三、氮的吸收与利用	50
四、氮素营养失调	52
第二节 水稻磷素营养	52
一、磷的含量、形态与分布	53
二、磷的生理功能与水稻生长发育	53
三、磷的吸收与利用	55
四、磷素营养失调	56
第三节 水稻钾素营养	56
一、钾的含量、形态与分布	57
二、钾的生理功能与水稻生长发育	57
三、钾的吸收与利用	59
四、钾素营养失调	60
第四节 水稻中量营养元素	60
一、中量元素的含量、形态与分布	60
二、中量元素的生理功能	61
三、中量元素的吸收与利用	62
四、中量元素营养失调	63
第五节 水稻微量元素营养	63
一、微量元素的含量、形态与分布	63
二、微量元素的生理功能	64
三、微量元素的吸收与利用	67
四、微量元素营养失调	68
第六节 水稻硅素营养	70

一、硅的含量、形态与分布	70
二、硅的生理功能	70
三、硅的吸收与利用	72
四、硅的营养失调	72
第四章 水稻营养诊断技术	73
第一节 营养诊断的依据	73
一、土壤营养诊断的依据	73
二、植株营养诊断的依据	74
第二节 营养诊断方法	75
一、化学诊断	75
二、物理诊断	79
第三节 水稻营养诊断	83
一、水稻叶片 SPAD 值时空分布及氮素诊断的叶位选择	83
二、应用数字图像技术进行水稻氮素营养诊断	89
三、利用功能叶片钾含量进行水稻钾素营养诊断	95
第五章 水稻施肥效果	99
第一节 氮肥肥效及经济效益	99
一、水稻施肥效果研究方法	99
二、产量	101
三、施氮产量与无氮产量的关系	103
四、不同无氮产量等级下的氮肥增产效益	104
五、施氮对产量构成因子的影响	105
六、经济效益	106
第二节 磷肥肥效及经济效益	108
一、产量	108
二、施磷产量与无磷产量的关系	110
三、不同无磷产量等级下的磷肥增产效益	111
四、施磷对产量构成因子的影响	111
五、经济效益	112
第三节 钾肥肥效及经济效益	114
一、产量	114
二、施钾产量与无钾产量的关系	116
三、不同无钾产量等级下的钾肥增产效益	116
四、施钾对产量构成因子的影响	117
五、经济效益	118
六、小结	120

第四节 锌肥肥效	123
一、施用锌肥对水稻产量及产量构成因子的影响	123
二、施锌对成熟期水稻各部位锌浓度和锌累积量的影响	124
三、土壤锌含量对锌肥肥效的影响	125
第五节 硅肥肥效	125
一、施硅对水稻产量及其构成因素的影响	125
二、施硅对水稻叶面积指数与干物质积累的影响	126
三、硅肥对水稻生理特性的影响	126
四、施用硅肥对土壤肥力的影响	127
第六章 水稻养分吸收及肥料利用率	128
第一节 氮素吸收及氮肥利用效率	128
一、水稻养分吸收及肥料利用率研究方法	128
二、氮素吸收效率	128
三、氮素需求量与稻谷产量的关系	130
四、氮肥利用效率	130
五、氮肥利用效率与土壤供氮量、氮肥施用量及稻谷产量的关系	132
第二节 磷素吸收及磷肥利用效率	133
一、磷素吸收效率	133
二、磷素需求量与稻谷产量的关系	134
三、磷肥利用效率	135
四、磷肥利用效率与土壤供磷量、磷肥施用量及稻谷产量的关系	137
第三节 钾素吸收及钾肥利用效率	137
一、钾素吸收效率	137
二、钾素需求量与稻谷产量的关系	138
三、钾肥利用效率	139
四、钾肥利用效率与土壤供钾量、钾肥施用量及稻谷产量的关系	141
五、小结	142
第七章 水稻科学施肥	146
第一节 氮、磷、钾肥料推荐用量	146
一、氮、磷、钾肥料推荐用量研究方法	147
二、氮肥推荐方法及适宜用量	148
三、磷肥推荐方法及适宜用量	152
四、钾肥推荐方法及适宜用量	158
五、小结	164
第二节 肥料的配合施用	166
一、产量	167

二、施肥产量与无肥产量的关系	168
三、不同无肥产量等级下的肥料增产效益	168
四、经济效益	169
五、小结	170
第三节 肥料的运筹	171
一、稻田肥料运筹原理	171
二、水稻实地氮肥管理	172
三、秸秆还田条件下的氮肥运筹	174
四、水稻一次性施肥	178
第四节 肥料的施用方式	180
一、土壤施肥	180
二、植株施肥	182
第五节 水稻高产高效施肥技术规程	183
一、华南稻区	183
二、长江中下游稻区	186
三、西南稻区	206
四、东北稻区	211
主要参考文献	223
附录 水稻营养失调症状图谱	

第一章 水稻概况

水稻属于禾本科 (Poaceae 或 Gramineae) 稻亚科 (Oryzoideae) 稻属 (*Oryza* Linnaeus), 为广泛分布于热带和亚热带地区的一年生草本植物。稻属由 2 个栽培种和 20 余个野生稻种组成。亚洲栽培稻普遍分布于全球各稻区, 非洲栽培稻现仅在西非有少量栽培。栽培稻起源于野生稻, 其中非洲栽培稻起源于长药野生稻 (*Oryza longistaminata*), 亚洲栽培稻则起源于普通野生稻 (*Oryza rufipogon*)。

第一节 水稻生产

一、世界水稻生产概况

水稻是世界上最重要的粮食作物之一, 全球一半以上的人口以稻米为主要食物来源。据统计, 全世界有 122 个国家种植水稻, 栽培面积常年在 1.40 亿~1.57 亿公顷, 遍布五大洲, 但主要集中在亚洲。2013 年亚洲水稻种植面积占世界的 88.01%, 非洲占 6.57%, 美洲占 3.93%, 欧洲和大洋洲分别占 1.41% 和 0.07%。据联合国粮农组织 (FAO) 公布数据, 2013 年全球稻谷产量 7.45 亿吨。其中, 亚洲稻谷实现继续增产, 总产为 6.75 亿吨。

2013 年, 亚洲水稻种植面积为 219 266.8 万亩*。印度是亚洲同时也是世界水稻种植面积最大的国家, 2013 年的种植面积达到 65 250.0 万亩, 亩产 244.0 千克, 总产 15 920.0 万吨; 中国是世界上水稻种植面积第二大的国家, 2013 年水稻面积达 45 339.0 万亩, 亩产 448.4 千克, 总产 20 329.0 万吨, 居世界第一。

2013 年, 世界上种植面积在 1 000 万亩以上的国家共有 23 个, 单产水平最高的埃及亩产高达 642.9 千克, 比最低的尼日利亚高出 522.4 千克; 在面积最大的 10 个国家中, 单产水平最高的中国亩产达到 448.4 千克, 比最低的柬埔寨高出 247.5 千克; 单产差距大, 除了受耕地质量、气候条件和投入成本等因素影响外, 最为重要的一个原因是熟制差异, 南亚国家一般一年可种植三季, 多数为两熟制。若剔除该因素, 产量差异缩小。

在世界主要大米生产和出口国家中, 中国是世界上稻米产量最高的国家, 鉴于大米作为口粮作物的重要性, 我国历来重视水稻单产水平的提高, 以高产杂交水稻为主的水稻推

* 亩为非法定计量单位, 1 亩=1/15 公顷, 下同。——编者注

广面积日益扩大,而优质水稻种植面积相对较小。目前,中国杂交水稻面积已经占国内水稻种植面积的近60%。但随着国内居民生活水平的不断提高,近年来中国已经将大米品质改良提到了更加重要的位置,对于杂交水稻品种的选育也开始更加注重品质指标。泰国政府与稻米生产加工者十分重视大米质量的提高,其稻米生产全过程均实行严格的品质质量控制,并在全球树立了良好信誉和品牌,出口的泰国香米更是以品质取胜;日本稻米产业全过程均实现了标准化,严格规定农药、化肥的使用时期和次数,十分注重大米的品质标准;印度虽然平均单产低,但也一直将大米品质作为品种选育的首要目标,巴斯马蒂(Basmati)大米更是以其独特的香味和易消化性享誉全球。

二、我国水稻生产概况

水稻是我国最重要的粮食作物,其播种面积和总产量均居粮食作物首位。由于水稻适应性较强,产量高而稳定,在我国粮食生产中具有举足轻重的地位。在我国,南自海南省,北至黑龙江省北部,东起台湾省,西抵新疆维吾尔自治区的塔里木盆地西缘,低如东南沿海的滩涂田,高至西南云贵高原海拔2700米以上的山区,凡是有水源灌溉的地方,都有水稻栽培。中国水稻产区主要分布在长江中下游的湖南、湖北、江西、安徽、江苏,西南的四川,华南的广东、广西和台湾,以及东北三省。

近半个世纪以来,全国水稻年播种面积约占粮食种植面积的27%,而年稻谷产量占粮食总产量的43%左右。2013年全国水稻种植面积45339.0万亩,总产20329.0万吨。1961—2013年间中国水稻年平均种植面积3185.7万公顷,占我国粮食作物年平均种植面积的34.97%,占世界水稻生产面积的22.12%。自1961年以来,我国水稻生产面积呈现先升高后降低的态势。1976年种植面积达到3696.9万公顷,其后开始下降。进入21世纪以来我国水稻生产面积稳定在3000万公顷左右。随着世界水稻种植面积的逐年扩大,我国水稻种植面积占世界种植面积的比例呈下降的趋势。近年来,我国水稻种植面积占世界种植面积的18%左右。

1961—2012年我国水稻平均总产1.56亿吨,占世界水稻总产的33.7%,占我国粮食总产的48.39%。新中国成立以来,我国水稻总产整体呈增加的趋势,1961年总产为0.56亿吨,1970年首次突破1.0亿吨。1997年首次突破2.0亿吨后,2001—2013年期间总产下降到1.6亿吨,原因是由于期间种植面积的缩小。2003年之后我国水稻总产呈现恢复性增长,至2013年我国稻谷总产达到2.05亿吨。但是水稻总产占粮食产量的比例从20世纪70年代开始下滑,2013年达到了新中国成立以来最低值,为37%。虽然我国水稻的生产面积自1976年后有所萎缩,但单产水平的提升对保证稻米总产稳定做出了重要贡献,有力保障了我国水稻主产国的地位。

我国水稻的单产水平一直处于世界前列,1961年,我国水稻单产2078.7千克/公顷,比世界水稻单产高11.2%,其后单产水平快速提高。1961—1970年平均比世界水稻单产高36.7%,1971—1980年平均比世界水稻单产高44.9%,1981—1990年平均比世界水稻单产高61.7%,1991—2000年平均比世界水稻单产高62.5%,2001—2013年平均比世界水稻单产高52.4%。2013年我国水稻单产平均为67256.7千克/公顷,居世界第十三位,

澳大利亚单产 102 177 千克/公顷居世界首位。

我国稻米主要以食用消费为主，占国内总消费量的 80% 以上。近年来，国内年消费量 1.2 亿~1.3 亿吨，国内稻米产需仅仅实现了平衡略有余。由于我国人口数量基数大，口粮消费需求的刚性将持续存在。尽管我国粮食生产取得历史性成就，从中长期来看我国农业仍然面临着农产品需求刚性增长与受耕地、水等资源供给硬性约束、农产品供求总量平衡与结构性紧缺、农产品生产成本上升与比较效益下降等四大矛盾。随着城市化进程的加速，在我国粮食和水稻种植面积基本稳定的情况下，人口不断增产和人民生活水平逐步提高将导致我国对粮食的需求量不断增加，保障粮食安全仍然是未来相当长一段时间我国的首要基本任务。只有确保水稻单产持续提升和种植面积稳定，才能保证我国水稻总产持续增长，维护国家稳定，保证经济增长。

现代农业依靠大量施用化肥、农药和消耗大量的资源来提高作物产量，水稻生产也不例外。长期大量使用化肥、农药、除草剂等化学物质，不仅给人类生存的环境带来了不可逆转的负面影响，也对人类的食品安全造成威胁；而对土壤的掠夺性使用、不重视培肥，则给水稻生产的持续稳定发展带来威胁。目前，稻米生产中的环境问题越来越多。滥用杀虫剂，化肥施用过量、效率低，二氧化碳、甲烷、氧化氮和氨气的释放，都是必须加以解决的问题。而随着社会经济的发展，空气、水和土壤的污染日益严重，稻作的生产环境严重恶化，特别是耕地和水资源短缺，使得水稻生产能力受到很大制约。在我国北方地区，水资源短缺将成为发展水稻生产的根本制约因素，在南方则由于水污染使得水稻的灌溉用水受到极大的制约。水稻的可持续生产，就是要以合理利用自然资源与经济条件为前提，采取符合生态安全、食品安全的生产技术，实现水稻生产的高产稳产，生产出优质、安全的稻米。

第二节 水稻的生长发育

一、水稻的一生

水稻的一生要经历营养生长和生殖生长两个时期。其中，营养生长期主要包括秧苗期和分蘖期。秧苗期指种子萌发开始到拔秧这段时间；分蘖期是指秧苗移栽返青到拔节这段时间。秧苗移栽后由于根系受到损伤，需要 5~7 天时间地上部才能恢复生长，根系萌发出新根，这段时期称返青期。水稻返青后分蘖开始发生，直到开始拔节时分蘖停止，一部分分蘖具有一定量的根系，以后能抽穗结实，称为有效分蘖；另一部分出生较迟的分蘖以后不能抽穗结实或渐渐死亡，这部分分蘖称为无效分蘖。分蘖前期产生有效分蘖，这一时期称有效分蘖期，而分蘖后期所产生的是无效分蘖，称无效分蘖期。

水稻营养生长期的主要生育特点是根系生长，分蘖增加，叶片增多，建立一定的营养器官，为以后穗粒的生长发育提供可靠的物质基础。这一阶段主要是通过肥水管理搭好丰产的苗架，要求有较高的群体质量，应防止营养生长过旺，否则不仅容易造成病虫害而且也容易造成后期生长控制困难而贪青倒伏等，对水稻产量形成影响很大。

水稻生殖生长期包括拔节孕穗期、抽穗开花期和灌浆结实期。拔节孕穗期是指幼穗分化开始到长出穗为止，一般需1个月左右；抽穗开花期是指稻穗从顶端茎鞘里抽出到开花齐穗这段时间，一般5~7天；灌浆结实期是指稻穗开花后到谷粒成熟的时期，又可分为乳熟期、蜡熟期和完熟期。水稻生殖生长期的生育特点是长茎长穗、开花、结实，形成和充实籽粒，这是夺取高产的主要阶段，栽培上尤其要重视肥、水、气的协调，延长根系和叶片的功能期，提高物质积累转化率，达到穗数足、穗型大，千粒重和结实率高。

二、水稻幼苗期的生长发育

水稻在秧田生长的时期，叫做幼苗期。幼苗期的生长可分为稻种的萌发和秧苗的成长。

（一）稻种的萌发

水稻的生长是从种子萌发开始的。当稻种吸水膨胀，胚根突破种壳露出白点时，叫做“露白”或“破胸”；当胚根伸出达种子长度，或胚芽伸出长达种子长度一半时，便称为发芽。种子萌发的条件如下。

1. 水分 稻种萌发，首先需要吸收足够的水分。当种子吸水量达本身重量的25%时，就开始萌发。吸水快慢和水温有关，水温高吸水快，水温低吸水慢。

2. 温度 水稻发芽最低温度，粳稻为10℃，最适温度为20~25℃，这种温度下发芽整齐而健壮。最高温度为40℃。因此，水稻催芽要求温度保持30~35℃，破胸后降至20~25℃，促使根芽齐壮。

3. 空气 稻种在无氧水层下也能发芽，但这种发芽是不正常的，往往芽长得快，而根生长很慢。因为稻种在有氧条件下进行呼吸作用获得足够的能量才能正常发芽。所以稻种在正常发芽情况下，先长根、后长芽，相反则有芽无根。

（二）秧苗生长特点

1. 地上部的生长 稻种发芽出苗时，最先是包在幼芽外面的芽鞘伸出地面，成为鞘叶。这片叶呈筒状，不具叶片，也没叶绿素。芽鞘伸长到一定程度，从中抽出1片叶来，具有叶绿素，叶片很小，只见叶鞘，叫不完全叶。当这片叶长达1厘米左右，秧田呈现一片绿色，便称为出苗，或叫放青。以后每隔2~3天，便有1片叶长出，而且有叶片和叶鞘，称之为完全叶，到第三片完全叶展开时，称为“三叶期”。这时种子胚乳中养分耗尽，幼苗进入独立生活，故称之为“离乳期”。

2. 地下部生长 稻种发芽时，首先由胚根向下延伸长成种子根，如钉子一样垂直扎入土中。种子发芽出苗时，主要靠它吸收水分和养分。接着在胚芽鞘节上开始发根，芽鞘节根一般有5条。首先长出2条，1~2天后又在对称位置上长出2条，随后再长出1条，状如鸡爪，秧苗生长初期立苗主要靠这种根，从放叶至一叶一心期形成。三叶以后，依次从不完全叶及完全叶节上长出根来，统一称为“节根”。它粗壮，具有通气组织。所以三

叶后秧田里可以经常保持水层了。

3. 幼苗生长期对环境条件要求

(1) 温度要求 粳稻出苗最低温度 12°C ，籼稻出苗最低温度 14°C 。这种温度条件下，出苗率低，而且速度慢。出苗以后日平均温度 20°C 左右，对于培育壮秧最有利。温度过高过低都不利。如低温达到 $5\sim 7^{\circ}\text{C}$ 时，就要防寒，否则稻苗受冻害。

(2) 空气要求 秧田里有充足的氧气幼苗才能正常生长。秧苗在淹水情况下生长发育不良，根少、苗弱。尤其是在三叶期之前，淹水不利培育壮苗，因此，秧田育苗过程中，小水勤灌，不保水层，有利培育壮苗。湿润育苗、干旱育苗都是为了培育壮苗，满足秧苗生长对氧气的要求。

(3) 水分要求 秧田对水分的需要，随秧苗生长而增多。出苗前只需保持田间最大持水量的 $40\%\sim 50\%$ ，就可满足发芽、出苗需要。三叶期以前也不需水层，土壤含水量为 70% 左右。三叶期以后土壤水分不少于 80% ，低了就会影响水稻生长。

(4) 光照要求 光照是培育壮苗的重要条件之一。因为光照充足，秧苗才能利用空气中的二氧化碳和根部吸收的水分、养分，通过光合作用合成有机物，进行生长发育。

三、水稻分蘖期的生长发育

(一) 分蘖的生长

1. 分蘖发生规律 水稻主茎基部有若干密集的茎节叫做分蘖节。每个节上长 1 片叶，叶腋里有 1 个分蘖芽，成长为分蘖。着生分蘖的叶位，称为蘖位。凡是从主茎上直接长出的分蘖，称为一次分蘖，由一次分蘖上长出的分蘖，称为二次分蘖，由二次分蘖上长出的分蘖，称三次分蘖。依此类推。分蘖在主茎的节上，自下而上依次发生。一般分蘖的出现，总是和母茎相差 3 片叶子。

2. 影响分蘖的因素

(1) 秧苗营养状况 尤其是氮素营养起主导作用。秧田期由于播种较密，养分、光照不足，基部节上的分蘖芽大都处于休眠状态。拔节以后生长中心转移，上部节上的分蘖芽也都潜伏而不发。所以一般只有中位节上的分蘖节可以发育，但还和其他因素有关系。

(2) 温度 分蘖生长最适温度为 $30\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，低于 20°C 或高于 37°C 对分蘖生长不利， 16°C 以下分蘖停止生长发育。

(3) 光照 在自然光照下，返青后 3 天开始分蘖；当光强降至自然光照的 50% 时，13 天开始分蘖；当光强降至自然光照强度的 5% 时，分蘖不发生，主茎也会死亡。

(4) 水分 在分蘖发生时需充足的水分。在缺水或水分不足时，植株生理功能减退，分蘖养分供应不足，常会干枯致死。这就是“黄秧搁一搁，到老不发作”的原因。此外，分蘖还和品种特性有关，不同品种分蘖力有差别。本田分蘖的发生，经历由慢到快，再由快到慢的过程。当全田有 10% 的苗分蘖出现时，称为分蘖始期。分蘖增加最快时，称为分蘖盛期。到全田总茎数和最后穗数相等时，称为有效分蘖终止期。以后称为无效分蘖期。全田分蘖数达最多时，称为最高分蘖期。