

SHUI 水稻生态学

DAO SHENG TAI XUE

梁光商主编



农业出版社

水稻生态学

梁光商 主编

农业出版社

水稻生态学

梁光商 主编

农业出版社出版 (北京朝内大街 130 号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

850×1168 毫米 32 开本 12.5 印张 258 千字

1983 年 8 月第 1 版 1983 年 8 月北京第 1 次印刷

印数 1—4,600 册

统一书号 16144·2619 定价 1.85 元

内 容 提 要

本书用生态学的观点,系统分析的方法,研究水稻生态系统的结构与功能。内容分三部分十二章。首先叙述水稻生态学的发展和稻田生态系统的基本概念;其次阐明生态环境因子对稻种起源、分化、演变、分布、区划、生长、发育以及产量形成等的生态作用;最后指出环境的污染对水稻的危害和净化措施。可供农业院校师生、农业科技人员参考。

前 言

本世纪以来，生态学的研究蓬勃发展，分支学科次第出现。特别是国际上从六十年代开始，突出了五大社会问题，即食物、人口、能源、自然资源的开发利用和环境保护，这五个问题具有普遍性，促使人们日益重视生态研究。在我国，对于自然资源的利用，作物灾害的防御，农业环境的污染，也是生产上存在的问题。须从生态学的观点来研究解决。在科学研究方法上，已从形态学、解剖学、生理学、生化学的研究方法，发展到生态学的研究方法，并从个体生态学、群体生态学、群落生态学、发展到系统生态学的研究方法。

生态学与各门科学领域相结合，而有各个分支的生态学。生态学与生物学各领域相结合，而有植物生态学、动物生态学、微生物生态学等。生态学与农业各领域相结合，而有农业生态学、森林生态学、草原生态学、农田生态学等。生态学与作物种类相结合，而有作物生态学、水稻生态学、小麦生物学等。科学的发展分科，是愈分愈细的。

水稻生态学就是由于科学发展趋势和生产发展需要，而发展起来的生态学的一门分支学科。

现在世界上有一半人口是以稻米为主要粮食，1978年全世界水稻播种面积21.76亿亩，比1962—1971年的平均播种面积增加7%，总产量增加17%，单位面积产量增加11% (FAO, 1978)。特别是我国水稻播种面积占世界水稻总面积的25%。1980年我国稻谷总产量占粮食总产量43%。广东的水稻播种面积占耕地面积76%，稻谷总产量占粮食总产量78%。因之，水稻生态学就作为一门新兴学科而

发展起来。

然而，水稻生态学，毕竟是一门年青的科学。专书刊行的，自六十年代以来，如山田登（1962）的《水稻生态》；田中明（1971）的《热带稻作生态论》；水稻光温生态研究协作组（1978）的《中国水稻品种的光温生态》等，对于水稻生态学的体系结构，提供了各有特色的几个类型。

本书是用生态学的观点，系统分析的方法，研究水稻生态系统的结构与功能。内容结构分三部分。首先，叙述水稻生态学的发展和稻田生态系统的基本概念。其次，阐明生态环境因子对稻种起源、分化、演变、分布、区划、生长、发育，以及产量形成等的生态作用。最后，指出环境污染对水稻的危害和净化措施。而是从系统发展角度来撰写水稻生态的体系结构。对于运用数学模拟来表达生态系统发展规律的方法，有待研究。

本书内容分十二章，由梁光商主编。梁光商编写第一、二、三、四、五章，张丙春、刘振宇、陶安宏、刘树基、黄湛、吴灼年、薛德榕分别编写第六、七、八、九、十、十一、十二章，插图由杨可四描绘。由于水平所限，书中存在缺点和错误之处，在所难免，希望读者指正，以便今后改进提高。

1982年2月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 我国古代对水稻生态的实践认识	1
一、稻与水土的关系	2
二、稻与光温的关系	3
三、稻与农时的关系	4
四、稻与病虫杂草的关系	5
五、人与自然的关系	6
第二节 水稻生态学的发展历程	7
一、生态学的发展简史	7
二、水稻生态学的创立和发展	9
第三节 水稻生态学的性质、任务和研究方法	11
一、性质、任务	11
二、研究方法	12
第二章 稻田生态系统的结构和功能	32
第一节 稻田生态系统的因子分析	32
一、气候因子	32
二、土壤因子	42
三、地形因子	45
四、生物因子	46
五、人类因子	49
六、稻田无机环境因子对生物群落的作用	50
第二节 稻田生态系统的能量转化和物质循环	56
一、稻田生态系统的能量转化	56
二、稻田生态系统的物质循环	60
第三章 我国栽培稻种的起源与生态分化	71
第一节 稻属植物的地理起源与稻种分类	71

一、稻属植物的地理起源	71
二、稻属植物的稻种分类	73
第二节 我国栽培稻种的起源与野生稻的分布	75
一、地理起源	75
二、历史起源	79
三、稻种起源与野生稻的分布	84
第三节 我国栽培稻的生态分化	92
一、籼粳稻的生态分化	93
二、早晚季稻的生态分化	96
三、水陆稻的生态分化	97
四、粘糯稻的生态分化	100
第四章 中国水稻生态区划和品种生态类型	106
第一节 稻作的地域性和季节性	106
一、稻作的地域性分布	107
二、稻作的季节性分布	107
第二节 水稻生态区划	112
一、华南双季连作籼稻稻作带	112
二、华中单双季籼粳稻稻作带	114
三、华北单季粳稻稻作带	114
四、东北早熟粳稻稻作带	115
五、西北干燥区粳稻稻作带	116
六、西南高原籼粳稻稻作带	116
第三节 水稻品种生态类型	118
一、水稻全国性熟期分类	118
二、水稻品种的光温反应型	118
三、水稻品种气候生态型	121
第四节 水稻品种光温生态特性的应用	125
一、在引种上的应用	125
二、在改制上的应用	128
三、在栽培上的应用	130
四、在育种上的应用	132
第五章 光照因子对水稻生长发育的生态作用	134
第一节 光长对水稻生长发育的生态作用	134

一、日长对水稻幼穗开始分化期的生态作用	134
二、日长对水稻幼穗发育期的生态作用	137
三、日长对水稻出穗期的生态作用	139
四、水稻品种出穗临界日长	142
五、水稻对日长反应器官的机能	150
第二节 光强对水稻生长发育的生态作用	157
一、光强对水稻光合作用的影响	158
二、光强对水稻营养生长的影响	159
三、光强对水稻生殖生长的影响	161
第三节 光质对水稻生长发育的生态作用	163
一、光质对水稻光周期效应的作用	163
二、光质对水稻光合作用的影响	164
三、光质对水稻幼苗生长的影响	164
四、光质对水稻茎叶生长的影响	166
五、光质对水稻出穗开花的影响	166
第六章 温度因子对水稻的生态作用	169
第一节 温度对水稻的生理生态作用	169
一、温度与水稻光合作用的生态关系	169
二、温度与水稻呼吸作用的生态关系	170
三、温度与水稻净同化率的生态关系	171
四、温度与水稻吸收养分的生态关系	172
第二节 温度对水稻生长发育的生态作用	173
一、水稻各生育期对温度的要求	173
二、温度对水稻营养生长的影响	174
三、温度对水稻生殖生长的影响	177
四、温度对水稻茎穗性状的影响	189
五、温度对杂交水稻生育的生态作用	190
第三节 低温对水稻生育的危害	193
一、低温对水稻营养生长的危害	193
二、低温对水稻生殖生长的危害	196
第四节 水稻积温的运用	202
一、积温的意义和表示方法	202
二、水稻积温的变化规律	203

三、水稻积温在生产中的运用·····	212
四、感光性较强的水稻品种的积温·····	215
第七章 水分因子对稻的生态作用·····	218
第一节 稻对水分的适应性·····	218
一、浅水稻生态型·····	218
二、浮水稻生态型·····	221
三、深水稻生态型·····	223
四、陆稻生态型·····	224
第二节 稻对水分的需要·····	229
一、稻的生理需水·····	229
二、稻的生态需水·····	233
三、稻的各生育期对水分的要求·····	235
第三节 稻田的水分平衡·····	240
一、稻田耗水量及其分析·····	240
二、天然降水量和人工灌溉水量·····	260
第八章 空气及风对水稻的生态作用·····	264
第一节 空气气体成分对水稻的生态作用·····	264
一、二氧化碳·····	264
二、氧气·····	267
第二节 风对水稻的生态作用·····	269
一、风与水稻生长发育的关系·····	269
二、干热风对水稻生育的影响·····	270
三、干冷风对水稻生育的影响·····	271
第三节 台风及风害的防御·····	272
一、台风的概述·····	272
二、台风的活动规律·····	273
三、台风对水稻的危害·····	276
四、风害的防御·····	277
第四节 风与水稻病虫害的发生传播·····	279
一、风对水稻病害传播的影响·····	279
二、风对水稻虫害传播的影响·····	280
第九章 土壤因子与水稻的生态关系·····	283
第一节 水稻与土壤剖面构造的生态关系·····	283

一、水稻土剖面构造的生态变化	283
二、水稻土剖面构造对水稻生育的影响	287
第二节 水稻与土壤中氮素状况的生态关系	289
一、水稻土中氮的含量	289
二、水稻土中氮的循环和转化特点	290
三、土壤中氮素状况对水稻生态的影响	293
第三节 水稻与土壤中磷素状况的生态关系	297
一、水稻土中磷的含量	297
二、水稻土中的有效磷及其影响因素	297
三、土壤中磷素状况对水稻生育的影响	298
第四节 水稻与土壤中钾素状况的生态关系	300
一、水稻土中钾的含量	300
二、土壤中钾素状况对水稻生育的影响	301
第五节 水稻土的物理性状与水稻的生态关系	304
一、土壤水分与水稻生育	304
二、土壤空气与水稻生育	305
三、土壤温度与水稻生育	306
第十章 生物因子对水稻的生态影响	308
第一节 稻田生物群落的生态关系	308
一、稻田生物群落的营养联系	308
二、稻田生物群落的信息联系	308
三、稻田生物群落的竞争与共生关系	309
第二节 稻田植物群落对水稻的生态影响	310
一、杂草对水稻的生态影响	310
二、间、套、复种作物对水稻的生态影响	315
第三节 稻田动物群落对水稻的生态影响	317
一、生态平衡与害虫的综合防治	317
二、稻田鼠害及其防治	318
第四节 水稻病害发生的生态环境	322
一、水稻病害发生概况	322
二、水稻病害发生与生态环境的关系	323
第十一章 水稻产量形成与生态因子的关系	324
第一节 水稻主产区的产量现状分析	324

一、主要产米国家的水稻产量·····	324
二、水稻高产的基本条件·····	325
第二节 高产品种的生态·····	327
一、光合效率与高产性的关系·····	327
二、品种株型结构与高产性的关系·····	328
三、高产良种与环境条件的关系·····	330
第三节 水稻生育型与生态条件的关系·····	331
一、生长变化曲线与生育型的关系·····	332
二、生育型的地理气候生态及其调节·····	333
第四节 生态条件与产量形成·····	335
一、生态条件与营养生长期的关系·····	336
二、生态条件与幼穗发育期的关系·····	338
三、生态条件与结实期的关系·····	343
第十二章 环境污染对水稻生育的影响·····	347
第一节 大气污染对水稻生育的影响·····	347
一、大气污染物质及其对稻株生育的伤害·····	347
二、大气污染的净化·····	356
第二节 水体污染对水稻生育的影响·····	361
一、水体污染物质与稻株受害状况·····	361
二、稻株受害症状及其原因分析·····	369
三、水体净化及其限度·····	371
第三节 土壤污染对水稻生育的影响·····	375
一、土壤污染物质及其对稻株生育的伤害·····	375
二、土壤条件对稻株吸收重金属及化学农药的影响·····	383

第一章 绪 论

近二十年来，水稻与环境之间相互关系的生态研究，发展迅速。这是由于在生产实践上，自然资源的利用，作物灾害的防御，农业环境的污染，促使人们日益重视生态环境。在作物科学研究方法上，已从植物形态学、解剖学、生理学、生物化学的研究方法，发展到生态学的研究方法。并从个体生态学、群体生态学、种群生态学发展到群落生态学、系统生态学的研究。

在世界水稻生产和消费上，现在全世界有一半人口是以稻米为主要粮食，最近 25 年内，全世界水稻播种面积增加 33%，总产量增加 90%，单位面积产量增加 45%，生产率平均每年增加 3%。1978 年全世界水稻播种面积 21.76 亿亩，比 1962—1971 年平均播种面积增加 7%，总产量增加 17%，单位面积产量增加 11% (FAO, 1978)。

我国 1980 年水稻播种面积 5.06 亿亩，占世界水稻播种面积 25% 左右。南方 13 个省市（区）是我国水稻集中产区，水稻播种面积约占粮食播种面积 53% 左右。稻谷总产量占粮食总产量 70%。因此，水稻生态学作为一门新兴学科而发展起来，是理所当然的。

第一节 我国古代对水稻生态的实践认识

我国历代劳动人民在长期的生产斗争实践中，逐渐了解自然现象，认识自然性质，掌握自然规律，积累了极其丰富的关于水稻生态的知识，对于我们今天研究水稻生态，诚有“古为今用”的重要

意义。

一、稻与水土的关系

殷周时代（公元前 16 世纪到前 770 年），金文中的“稻”（𥽿）字，左下边从水，有象稻生于水中之形（《殷虚书契类编》）。殷虚（公元前 1300—1028 年）卜辞中有下雨，大雨，水雨，以及贞水，其水，来水，“帝令雨足年”、“禾出及时雨”等辞句。这就反映出古代对于水与稻的关系，远古就有了认识。

《诗经·小雅·白华》（公元前 778 至前 771 年）提到“漈池北流，浸彼稻田”。即是说引陕西咸阳漈池之水北流，灌田种稻。《鲁颂·閟宫》“有稷、有黍、有稻、有秬（黑黍），奄有下土，缙禹之绪”。这就是说种植稷、黍、稻和黑黍，是继承夏禹（公元前 2300 年）平水土的事业。

《管子·地员篇》（公元前五世纪），叙述植物与土壤的关系，“凡彼草木，有十二衰，各有所归”。列出十二种分布在不同土壤中的代表植物，按其高下，依次排列。这就是在距今二千多年前提出了植物生态的概念。

《周礼·天官·地官·夏官》（公元前三世纪），“三农生九谷”。“稻人掌嫁下地”。“泽草所生，种之芒种”。在九州之中，有七州（杨、荆、豫、青、兖、幽、并）宜稻。可知在当时黄河、长江中下游，苏、皖、湘、鄂、豫、鲁、冀、晋各地，都已广泛在原、湿、平地等三类农田，种植黍、稷、稻、秫（糯）、麻、大豆、小豆、大麦、小麦等九种谷类作物。凡有水草生长的泽地，可种有芒的稻种。这就是九州的农作物分布，都是从水土条件的认识、鉴别，而开始作生态区划的。《周礼·地官》还详述灌溉系统，以池塘（潴）蓄水，以河堤止水，以总沟引水，以田头大沟灌水，以田中小沟分灌及田尾大沟排水，除去已割的杂草，作成稻田的灌溉排水系统。这就表现出当时的水利建设已相当发展。

贾思勰（公元 553—544 年）《齐民要术》，是我国最早期的一

部作物栽培和农产品加工的巨著，素有农业百科全书之称。书中的“水稻篇”和“旱稻篇”内容强调水稻、旱稻的种性不同，在生长发育过程中，对于水、土条件和灌溉技术的要求有不同。如说“稻无所缘，唯巖易为良。选地欲近上流，水清则稻美”。这就是说，种稻没有什么奥妙，每年变换一种作物（轮作）为最好。选地要近水源，水清则稻秀。“旱稻用下田，白土胜黑土”。“其高田种者，不求极良，唯须废地（前作迹地）。过良则苗折，废地则无草”。旱稻种在低田不怕涝，“虽涝亦（有）收”。前作迹地不过肥，不倒伏，不易生草。此外，如灌溉、排水、露田、晒田等，都有适当的、合理的技术措施。可见，他的水稻篇和旱稻篇就是中国最早的水稻陆稻栽培学。

二、稻与光温的关系

《吕氏春秋》（公元前 239 年前后）提到：“稼之容足，耨之容耨，据之容手”。即说水稻栽植密度，要使到行、科距离适于用脚、用耨、用手去中耕管理。又说“横行必得，从（纵）行必术（直），正其行，通其风”。就是说，横行要彼此相对，直行要整齐对直，纵横整正，通风良好（透光也良好）。这是对于稻与风（光）关系的认识，并从密植方式来调节风、光、空气。

《汜胜之书》（公元前一世纪）提到“始种稻欲温，温者缺其塋，令水道相直；夏至后大热，令水道错”（见《齐民要术·水稻篇》引）。这就是说水稻插秧后初期须要温暖。这时期在田的一侧，把田埂上的入水口和出水口，上下相对开直，成一直线，使水直流，以便田中原有的水少受影响，淹留较久，日晒增温，以利水稻生育。夏至后田水晒得太热，把入水口和出水田错开，使生水流遍全田，冲去热水，降低水温，适应水稻生育。《齐民要术》提到水稻种子催芽，“内草簞中裹之”。旱稻种子催芽，裹令开口”。即是说浸种催芽时，要把种子装入草簞中，煨焗（裹·读 ap 音。见石声汉，1958）增温催芽。水稻种子催芽较长，要密闭“裹之”；旱稻种子催

芽较短（露白），“裹令开口”。这是保温、增温的催芽方法，至今还是适用的。

这些关于光温条件与水稻生长关系的认识，就反映出了水陆稻光温生态思想的萌芽。

三、稻与农时的关系

我国劳动人民很早就创造了用物候特征来决定农时的宝贵经验。有关稻的物候记载，《诗经·豳风》“八月剥枣，十月获稻”。收获了枣，隔一个月就收获稻，把枣熟期与稻熟期联系起来作为收稻时期的指标。还以见“陨萚（落叶）”、见“蟋蟀入我床下”的时候，就是稻熟，“获稻”，“纳禾稼”的时候。

古代用“生”——“秀”——“熟”等术语来表示农作物的发育阶段。《杂阴阳书》（一世纪前后）记载：“稻生于柳或杨（柳树或杨树出叶时，稻开始发芽），八十日秀（孕穗），秀后七十日成”（据《齐民要术·水稻篇》引）。《神农书》（公元前五世纪到前三世纪）记载：“稻生于柳，生八十日秀，七十日熟，凡一百五十日成”。“夏至前五十日（谷雨后的十二天）可种稻”（据《开元占经》卷一百一十一引）。《汜胜之书》（公元前一世纪）记载：“冬至后一百一十日（清明后五天）可种稻”。（据《齐民要术·水稻篇》引）。这些都是以物候、节气、日数来定种稻时期和发育阶段的方法。在当时黄河流域早稻中迟熟品种，从发芽到孕穗以至成熟，全生育期150天，是符合实际的。这种物候指标，二千多年来一直沿用着成为传统经验。

农时适否，是栽培成败的关键。古代劳动人民对农时早已认识和掌握应用。《吕氏春秋》强调“得时之稼兴（茂盛），失时之稼约（发病）”。“得时之稻”茎、穗、粒如何好；“先时者”和“后时者”茎、穗、粒如何不好。认为种稻必须适合农时。

《齐民要术》提出种稻的上时、中时和下时。水稻以“三月种者为上时；四月上旬为中时；中旬为下时”。早稻以“二月半种稻，为

上时；三月为中时；四月初及半为下时”。早稻播种的“上时”较水稻为早，这主要是由于早稻播种后盖薄土，比较抗寒所致。

周处（公元240—299年）《风土记》说：“按天道（自然规律），自南而北，凡物候先南方，故闽粤万物早熟半月，始及吴、楚（浙江、湖南、北）”。这就明确指出了粤、桂、闽的作物熟期，比湘、鄂、浙的早熟半个月。我们统计水稻同品种同播期（或相差3天内）的出穗成熟期，在广州的比长沙的早熟12天；广州的比武汉的早熟19天。这些结果，足证古代的观察结论是正确的。关于水稻品种随熟期、随南北纬度不同而变异的规律，将于第二章和第五章再详述。

四、稻与病虫杂草的关系

《诗经·小雅》的《谷风》、《四月》、《桑柔》等篇提到“百卉具腓”（毛亨训“腓”为病）；“稼穡卒痒”（郑玄训“痒”为病）。《淮南子·天文训》（公元前二世纪）三次提到“水旱”“稻疾”。由于水、旱而引起水稻的生理病，是很明确的。

殷周时代的甲文、金文都有多种象虫形的“虫”字，也有“𧈧”字，解释为虫之总名。《诗经》提到虫的名称共有二十多种。《小雅·大田》指出“不稂不莠，去其螟螣及其蟊贼，无害我田穡”。认为有害禾稿的杂草以至食心（螟）、食叶（螣）、食根（蟊）、食节（贼）的害虫，都要清除，然后可以无害田中的稻苗。《礼记月令》（公元前一世纪）有“仲春行夏令，虫螟为害”。“孟夏行春令，则蝗虫为灾”等的记载。《尔雅》（公元前二世纪）记载“虫”字旁的字有50多个，记载昆虫80多种。《说文解字》（二世纪前期）记载“虫”字旁的字有163个，从“𧈧”的字25个，从“蟲”的字6个。其后，有不少人作了注释的工作。

《诗经》提到“载芟”（刈草），“载柞”（斩木），“弗（除）厥丰草”。《周礼》记载“春始生而萌之，夏日至而夷之，秋日绳而芟之，冬日至而耜之，若欲其化也，则以水火变之”。春、夏、秋、冬不断地改