

农作物是人类赖以生存和繁衍的物质基础，人类社会的发展史也是一个不断将植物驯化成农作物的过程。农作物的种类繁多，既有谷类、豆类、薯芋等粮食作物和纤维、油料、糖料、茶叶等经济作物，也有白菜、番茄、辣椒等蔬菜作物，柑橘、苹果、梨等果树作物，西瓜、甜瓜、哈密瓜等水果作物，以及人参、枸杞、黄芪等药用作物。

植物病虫害是影响各种农作物生产的重要因子，人类的农耕文明也是一部与病虫害斗争的史书。我国的季风气候特点和地理特征决定了我国病虫害发生的普遍性与区域流行性，并使我国成为全球农作物病害、虫害、草害、鼠害种类较多且危害较严重的地区之一，近年来的气候变化更加剧了病虫害的为害程度、提高了病虫害的暴发频率。此外，全球经济一体化也导致国外的病虫害不断入侵我国，给农作物生产带来新威胁。据统计，仅我国主要粮食作物的病虫害就超过 1500 种，其中经常严重发生的有 100 多种，年均发生面积 70 亿亩次左右，是全国耕地面积的 3.78 倍，若不进行有效防治，可造成作物产量损失超过 40%。

病虫害防治方法的采用和社会经济的发展阶段有密切的关系。新中国成立之前，传统的农业防治是主要手段。20 世纪 60 年代之后，随着化学工业的发展，化学防治得到了广泛的应用，但也产生了病虫害抗药性、食品安全性和生态环境污染等一系列问题。为解决化学农药过度使用的弊端，我国于 20 世纪 70 年代中期提出了“预防为主，综合治理”的植物保护工作方针。进入 21 世纪，随着国家社会经济的发展和农产品质量安全的提高，2006 年全国植物保护工作会议提出了“公共植保，绿色植保”的理念，化学农药的使用得到了严格的控制。当前，我国已进入高质量发展阶段，新时代的植物保护要满足人民对美好生活的需求，要体现人与自然的和谐发展，要保障粮食安全、农产品质量安全和生态环境安全。

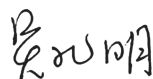
我国政府高度重视新时代的植物保护工作，不断推进依法依规科学防治病虫害进程，于 2020 年颁布实施了《农作物病虫害防治条例》（后简称《条例》）。《条例》明确了病虫害的防治责任，要求健全防治制度和规范专业化防治服务，鼓励并支持开展农作物病虫害防治科技创新和成果转化，推广信息技术和生物技术，推进防治工作的智能化、专业化和绿色化。

为适应当前我国植物保护工作的需要，在科学出版社的大力支持下，我们组织专家编著了“农作物有害生物绿色防控技术丛书”（以下简称丛书）。丛书于 2022 年 2 月启动编撰工作，汇聚了来自中国农业科学院、中国农业大学、全国农业技术推广服务中心等 50 多家科研、教学和管理单位的 1000 余位学者。为保障编写内容的科学性、系统性和权威性，我们组建了由 49 位植物保护知名专家组成的丛书编委会，先后组织召开了 4 次

全体会议，共商撰写计划和要求，分配撰写和审稿任务，解决编撰过程中出现的问题。

丛书包括《农作物重大流行性病害监测预警与区域性控制技术》和《农作物重大迁飞性害虫监测预警与区域性控制技术》2个综合技术分册，以及《水稻有害生物绿色防控技术》《小麦有害生物绿色防控技术》《玉米有害生物绿色防控技术》等38个作物分册，涉及70余种农作物和3000多种病虫害鼠害。为方便读者准确诊断识别各种病虫害鼠害，切实掌握综合防控技术体系，在介绍病虫害鼠形态（或生理）特征、为害症状、生活循环、防控关键技术及其模式的基础上，各分册还配套1~6幅有害生物绿色防控技术挂图。

丛书综合反映了21世纪我国多种农作物病虫害科技创新的成果，也在一定程度上吸收了国际农作物病虫害防控技术的最新进展，内容丰富、系统全面、技术实用、指导性强。我们希望，丛书的出版能为我国植物保护、作物学、园艺学、农业资源环境等相关学科的科研工作者、高校师生，农业技术推广、农业生产管理等部门职员，农业相关企业工作人员，以及基层农技人员和农民朋友提供一套有较高实用价值的植物保护专业全书，在农作物病虫害防治人才培养、科技创新和生产实践活动中发挥积极的作用。



中国工程院院士 吴孔明



中国植物保护学会名誉理事长 陈万权

前言

全世界有超过一半的人口以大米为主食，因此水稻是人类最主要的口粮作物之一，在东亚、南亚、东南亚、地中海沿岸、美国东南部、中美洲、大洋洲和非洲部分地区均有广泛种植。在我国，水稻年均种植面积约 4.5 亿亩，生产稻谷约 2.1 亿吨，是超 60% 人口的口粮。因此，保证水稻的安全生产对我国保障口粮安全和维护社会稳定具有极其重要的意义。病虫草鼠害是严重威胁水稻安全生产的重要生物灾害。据统计，我国水稻生产上常见病虫草鼠害有 70 余种，常年发生面积 13.5 亿~15.5 亿亩次，防治面积 20.5 亿~24 亿亩次；在积极采取防治措施后，病虫草鼠害每年仍造成稻谷损失超过 400 万 t；如若不进行防治，各类病虫草鼠害引起的稻谷产量损失将占到稻谷总产量的 20% 以上。尤其是一些重大病虫害在特殊年份暴发成灾，可对水稻生产造成巨大危害，甚至导致绝产。因此，科学有效地防治病虫草鼠害是确保我国水稻高产稳产和口粮安全的必要措施。

我国中央政府和各级地方政府一直高度重视水稻病虫草鼠害的防控工作，先后启动了一系列相关的科研项目。在这些项目的资助和支持下，我国科研人员开展了一系列研究，包括水稻病虫草鼠害的发生、发展与为害成灾规律，水稻病虫草鼠害高效防控关键技术的研发、集成、示范与推广等工作，取得了一批创新研究成果，有效地控制了稻瘟病、水稻白叶枯病、南方水稻黑条矮缩病、稻飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟、稻田恶性杂草、稻田鼠害等的暴发流行，显著地提升了我国水稻病虫草鼠害的防控技术水平。《水稻有害生物绿色防控技术》旨在集成近 20 年来我国水稻病虫草鼠害综合防治策略和技术的发展成果，反映我国当今水稻病虫草鼠害绿色防控的概况。本书编撰工作从 2022 年 2 月启动以来，汇集了来自全国 13 个科研、教学、管理和出版单位的 40 余位专家学者。为保证编写内容的科学性和权威性，我们组建了编委会，并邀请 25 位行业知名专家对书稿进行审校把关。为保障编撰工作的顺利进行，我们先后组织召开了多次编委会全体会议和主编办公会议，共同制订撰写计划和要求，分配撰写和审稿任务，以及讨论并解决编撰过程中出现的各类问题。

《水稻有害生物绿色防控技术》包括 6 章：绪论、水稻病害、水稻虫害、水稻草害、水稻鼠害、水稻绿色高效防控集成技术与模式，共收录近年来我国水稻生产中常见的病虫草鼠害 89 种，其中病害 22 种、虫害 44 种、草害 15 种、鼠害 8 种。本书着重介绍了每种水稻病虫草鼠害的诊断识别、分布为害、流行或发生规律及其绿色防控技术。为了方便读者准确诊断识别各类水稻病虫草鼠害、切实掌握各种绿色防控技术，书中附有关于水稻病虫草鼠的形态或生理特征、为害症状、流行或发生规律等插图 470 余幅，还另附 4 个主要稻区的水稻有害生物绿色防控技术挂图 4 幅。本书第一章绪论由朱小源、梁美玲和彭友良负责撰写，第二章水稻病害由彭友良和朱小源组织撰写，第三章水稻虫害

由傅强组织撰写，第四章水稻草害由陆永良组织撰写，第五章水稻鼠害由冯志勇组织撰写，第六章水稻绿色高效防控集成技术与模式由娄永根负责撰写。

在《水稻有害生物绿色防控技术》的编撰过程中，全体撰稿专家和审稿专家工作认真、细致，并付出了巨大的努力。副主编朱小源和杨俊承担了大量的联系与协调等日常事务性工作。丛书的主编、副主编等专家以及科学出版社的责任编辑也给予了大力的支持。经过4年多的共同努力，《水稻有害生物绿色防控技术》终于即将出版。我谨代表《水稻有害生物绿色防控技术》编委会，向参与本书编撰、审稿和校对工作的所有同行专家和领导表示衷心的感谢！

由于我们水平有限，本书难免存在疏漏和不足，敬请读者批评指正。

彭友良

2026年2月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 水稻产业发展概况	1
一、世界水稻生产概况	1
二、中国水稻生产概况	1
第二节 水稻病虫草鼠害发生情况	3
一、发生种类	3
二、发生特点与区域	3
三、为害程度	3
四、发生趋势	4
五、绿色防控策略与技术	4
第二章 水稻病害	6
第一节 稻瘟病	6
一、诊断识别	6
二、分布为害	9
三、流行规律	9
四、防控技术	12
第二节 南方水稻黑条矮缩病	13
一、诊断识别	13
二、分布为害	15
三、流行规律	16
四、防控技术	18
第三节 水稻白叶枯病	19
一、诊断识别	19
二、分布为害	21
三、流行规律	22
四、防控技术	24
第四节 水稻细菌性条斑病	26
一、诊断识别	26
二、分布为害	28
三、流行规律	29
四、防控技术	31

第五节	水稻细菌性基腐病	32
一、	诊断识别	32
二、	分布为害	34
三、	流行规律	34
四、	防控技术	35
第六节	水稻纹枯病	37
一、	诊断识别	37
二、	分布为害	39
三、	流行规律	40
四、	防控技术	42
第七节	稻曲病	43
一、	诊断识别	43
二、	分布为害	45
三、	流行规律	45
四、	防控技术	47
第八节	水稻恶苗病	48
一、	诊断识别	48
二、	分布为害	50
三、	流行规律	50
四、	防控技术	51
第九节	水稻胡麻斑病	52
一、	诊断识别	52
二、	分布为害	55
三、	流行规律	55
四、	防控技术	57
第十节	水稻颖枯病	58
一、	诊断识别	58
二、	分布为害	59
三、	流行规律	60
四、	防控技术	61
第十一节	水稻绵腐病	62
一、	诊断识别	62
二、	分布为害	62
三、	流行规律	63
四、	防控技术	63
第十二节	水稻立枯病	64
一、	诊断识别	64
二、	分布为害	65

三、流行规律	65
四、防控技术	66
第十三节 稻叶黑粉病	67
一、诊断识别	67
二、分布为害	68
三、流行规律	68
四、防控技术	69
第十四节 稻粒黑粉病	70
一、诊断识别	70
二、分布为害	71
三、流行规律	72
四、防控技术	73
第十五节 水稻黑条矮缩病	74
一、诊断识别	74
二、分布为害	76
三、流行规律	77
四、防控技术	78
第十六节 水稻条纹叶枯病	80
一、诊断识别	80
二、分布为害	81
三、流行规律	82
四、防控技术	83
第十七节 水稻东格鲁病	84
一、诊断识别	84
二、分布为害	86
三、流行规律	86
四、防控技术	87
第十八节 水稻云形病	88
一、诊断识别	88
二、分布为害	89
三、流行规律	89
四、防控技术	90
第十九节 水稻叶鞘腐败病	91
一、诊断识别	91
二、分布为害	92
三、流行规律	92
四、防控技术	93

第二十节 水稻穗腐病	94
一、诊断识别	94
二、分布为害	96
三、流行规律	96
四、防控技术	98
第二十一节 水稻干尖线虫病	100
一、诊断识别	100
二、分布为害	102
三、流行规律	102
四、防控技术	103
第二十二节 水稻根结线虫病	104
一、诊断识别	104
二、分布为害	105
三、流行规律	106
四、防控技术	107
第三章 水稻虫害	108
第一节 褐飞虱	108
一、诊断识别	108
二、分布为害	110
三、发生规律	111
四、防控技术	114
第二节 白背飞虱	116
一、诊断识别	116
二、分布为害	118
三、发生规律	119
四、防控技术	121
第三节 稻纵卷叶螟	122
一、诊断识别	122
二、分布为害	123
三、发生规律	124
四、防控技术	125
第四节 二化螟	128
一、诊断识别	128
二、分布为害	130
三、发生规律	130
四、防控技术	132
第五节 草地贪夜蛾	133
一、诊断识别	133

二、分布为害	135
三、发生规律	136
四、防控技术	137
第六节 三化螟	138
一、诊断识别	138
二、分布为害	139
三、发生规律	139
四、防控技术	140
第七节 大螟	141
一、诊断识别	141
二、分布为害	143
三、发生规律	143
四、防控技术	144
第八节 台湾稻螟	145
一、诊断识别	145
二、分布为害	147
三、发生规律	147
四、防控技术	148
第九节 稻秆潜蝇	149
一、诊断识别	149
二、分布为害	150
三、发生规律	151
四、防控技术	153
第十节 水稻潜叶蝇	155
一、诊断识别	155
二、分布为害	156
三、发生规律	156
四、防控技术	158
第十一节 水稻负泥虫	159
一、诊断识别	159
二、分布为害	160
三、发生规律	160
四、防控技术	162
第十二节 中华稻蝗	162
一、诊断识别	162
二、分布为害	164
三、发生规律	164
四、防控技术	167

第十三节 稻粉虱	168
一、诊断识别	168
二、分布为害	169
三、发生规律	170
四、防控技术	170
第十四节 灰飞虱	172
一、诊断识别	172
二、分布为害	174
三、发生规律	175
四、防控技术	176
第十五节 稻蓟马类	177
一、诊断识别	177
二、分布为害	181
三、发生规律	182
四、防控技术	184
第十六节 稻叶蝉类	185
一、诊断识别	185
二、分布为害	189
三、发生规律	190
四、防控技术	193
第十七节 稻蜡类	194
一、诊断识别	194
二、分布为害	198
三、发生规律	199
四、防控技术	202
第十八节 稻蚜虫类	203
一、诊断识别	203
二、分布为害	203
三、发生规律	204
四、防控技术	205
第十九节 水稻跗线螨	206
一、诊断识别	206
二、分布为害	207
三、发生规律	208
四、防控技术	208
第二十节 稻瘿蚊	209
一、诊断识别	209
二、分布为害	211

三、发生规律·····	212
四、防控技术·····	214
第二十一节 稻螟蛉类·····	216
一、诊断识别·····	216
二、分布为害·····	218
三、发生规律·····	219
四、防控技术·····	223
第二十二节 稻弄蝶类·····	224
一、诊断识别·····	224
二、分布为害·····	228
三、发生规律·····	229
四、防控技术·····	235
第二十三节 稻眼蝶类·····	236
一、诊断识别·····	236
二、分布为害·····	238
三、发生规律·····	238
四、防控技术·····	238
第二十四节 稻泥苞虫·····	239
一、诊断识别·····	239
二、分布为害·····	241
三、发生规律·····	241
四、防控技术·····	241
第二十五节 稻水象甲·····	242
一、诊断识别·····	242
二、分布为害·····	243
三、发生规律·····	244
四、防控技术·····	245
第二十六节 福寿螺·····	247
一、诊断识别·····	247
二、分布为害·····	248
三、发生规律·····	248
四、防控技术·····	249
第四章 水稻草害·····	251
第一节 稗·····	251
一、诊断识别·····	251
二、分布为害·····	252
三、发生规律·····	252
四、防控技术·····	253

第二节	千金子	254
一、	诊断识别	254
二、	分布为害	255
三、	发生规律	255
四、	防控技术	256
第三节	杂草稻	257
一、	诊断识别	257
二、	分布为害	257
三、	发生规律	258
四、	防控技术	259
第四节	双穗雀稗	260
一、	诊断识别	260
二、	分布为害	260
三、	发生规律	262
四、	防控技术	262
第五节	异型莎草	263
一、	诊断识别	263
二、	分布为害	263
三、	发生规律	264
四、	防控技术	265
第六节	碎米莎草	265
一、	诊断识别	265
二、	分布为害	266
三、	发生规律	267
四、	防控技术	267
第七节	萤蔺	268
一、	诊断识别	268
二、	分布为害	269
三、	发生规律	269
四、	防控技术	270
第八节	野荸荠	270
一、	诊断识别	270
二、	分布为害	271
三、	发生规律	272
四、	防控技术	273
第九节	扁秆蔗草	273
一、	诊断识别	273
二、	分布为害	274

三、发生规律	274
四、防控技术	275
第十节 耳叶水苳	276
一、诊断识别	276
二、分布为害	277
三、发生规律	277
四、防控技术	278
第十一节 丁香蓼	278
一、诊断识别	278
二、分布为害	279
三、发生规律	279
四、防控技术	280
第十二节 鸭舌草	281
一、诊断识别	281
二、分布为害	282
三、发生规律	283
四、防控技术	283
第十三节 雨久花	284
一、诊断识别	284
二、分布为害	285
三、发生规律	286
四、防控技术	286
第十四节 泽泻	287
一、诊断识别	287
二、分布为害	287
三、发生规律	288
四、防控技术	289
第十五节 水竹叶	290
一、诊断识别	290
二、分布为害	291
三、发生规律	291
四、防控技术	292
第五章 水稻鼠害	294
第一节 黄毛鼠	294
一、诊断识别	294
二、分布为害	295
三、发生规律	295
四、防控技术	296

第二节	板齿鼠	297
一、	诊断识别	297
二、	分布为害	298
三、	发生规律	299
四、	防控技术	301
第三节	褐家鼠	303
一、	诊断识别	303
二、	分布为害	303
三、	发生规律	304
四、	防控技术	305
第四节	黑线姬鼠	306
一、	诊断识别	306
二、	分布为害	308
三、	发生规律	308
四、	防控技术	309
第五节	东方田鼠	310
一、	诊断识别	310
二、	分布为害	311
三、	发生规律	311
四、	防控技术	313
第六节	四川短尾鼯	313
一、	诊断识别	313
二、	分布为害	314
三、	发生规律	315
四、	防控技术	315
第七节	黄胸鼠	316
一、	诊断识别	316
二、	分布为害	317
三、	发生规律	317
四、	防控技术	318
第八节	小家鼠	319
一、	诊断识别	319
二、	分布为害	320
三、	发生规律	321
四、	防控技术	322
第六章	水稻绿色高效防控集成技术与模式	323
第一节	指导思想与策略	323
第二节	基本思路与要素	323

一、模式集成应以稻田生态系统为管理单元	323
二、模式集成应以协调经济效益、生态效益和社会效益为目标	324
三、模式集成应以关键技术理论与研发创新为核心	324
四、模式集成应以试验示范与技术培训为保障	324
第三节 技术模式集成与应用	324
一、华南稻区	326
二、长江中下游稻区	327
三、黄淮稻区	329
四、西南稻区	330
五、东北稻区	331
参考文献	333
附录 水稻有害生物绿色防控技术挂图	350

第一章

绪论

第一节 水稻产业发展概况

水稻 (*Oryza sativa*) 属于禾本科稻属, 是世界三大粮食作物之一。稻米具有很高的营养和经济价值, 世界上有一半以上的人口以稻米为主食, 95% 的稻米为人类所食用。除作为口粮外, 稻米还可以作为酿酒和制糖的工业原料, 稻壳和稻秆可作为牲畜的饲料。在长期进化、不同生态环境影响和人工驯化下, 栽培稻发生了许多变化和分化, 按植物学可分为籼稻和粳稻, 按生长季节可分为早稻、中稻、晚稻, 按直链淀粉含量可分为粘稻和糯稻, 按留种方式可分为常规水稻和杂交水稻, 按栽培方式可分为水稻和陆稻。水稻作为人类的重要口粮作物, 全球播种面积和总产量相对稳定, 价格和贸易量基本保持平稳。近年来, 我国水稻播种面积和总产量虽略有下降, 但单产持续提升、质量明显提升, 总体处于供求平衡略有余状态。

一、世界水稻生产概况

水稻生产分布广泛, 全世界生产水稻的国家或地区有 100 多个, 亚洲、欧洲、美洲、非洲和大洋洲都有水稻种植, 但主要集中在亚洲地区, 包括中国、印度、印度尼西亚、日本、越南、泰国、巴基斯坦以及孟加拉国等国家, 因此, 水稻被称为“亚洲的粮食”。全球的水稻种植面积在 1.40 亿~1.57 亿 hm^2 , 亚洲的水稻播种面积占全球的近 90%, 其水稻总产量占世界总产量的 90% 以上, 其次是南美洲 (3.2%), 非洲 (2.9%), 北美洲 (1.4%), 中美洲、欧洲和大洋洲合计仅占 2.5%。发展中国家种植的水稻面积占全球的 95%, 而发达国家的总和还不到 5%, 水稻种植面积最大的国家是印度和中国, 分别占全球水稻种植总面积的 28.1%、18.5% (刘爽, 2020)。近年来, 全球水稻产量相对平稳, 以中国产量最大, 印度次之, 其余国家总产量相对较低。水稻供给与需求仍处于紧张的平衡状态, 但随着水稻单产提高, 亚洲的部分国家和地区可以两季甚至三季种植水稻, 显著地缓解了人们对粮食的需求, 减轻了对土地的压力。

二、中国水稻生产概况

(一) 水稻种植区域

中国是水稻的起源地, 也是世界上最大的稻谷生产国家。根据气候、地形与种植制

度的差异,我国水稻种植区域可划分为以下6个主要稻作区(梅方权等,1988):①华南双季稻作区,主要包括广东、广西、海南、福建和台湾等地区,云南南部低热河谷区(如西双版纳)也属此列;②华中单双季稻作区,包括江苏、上海、浙江、江西、湖南、湖北、重庆、四川等省(市),以及安徽中南部、陕西南部、河南南部地区;③西北干旱单季稻作区,水稻仅在有优越灌溉条件的局部地区零星分布,包括宁夏黄河灌区、新疆天山南北麓绿洲、甘肃河西走廊部分灌区及内蒙古河套地区;④华北单季稻作区,包括北京、天津、河北、山东、河南、山西、内蒙古和陕西部分地区;⑤东北早熟单季稻作区,包括黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东部地区;⑥西南高原单季稻作区,包括四川西部、贵州大部、湖南西部、云南中北部、青藏高原的河谷地区等。近十年来,我国华中稻区、华南稻区、西南稻区和东北稻区的水稻播种面积较大,达到近3000万 hm^2 ,而华北稻区和西北稻区的水稻播种面积较小。

(二) 水稻产量

我国水稻的年种植面积达3000多万 hm^2 ,约占我国粮食作物种植总面积的30%,总产量约占我国粮食总产量的40%,占世界水稻种植总面积的18.5%;虽然我国水稻种植面积居世界第二位,但稻谷总产量居世界第一,单产居世界第五(赵凌等,2015)。我国水稻的产量从20世纪90年代初的5000 kg/hm^2 增加到21世纪初的6000 kg/hm^2 ,2019年突破为7000 kg/hm^2 ,其中的重要因素包括杂交水稻的大面积种植、高产品种的培育与推广、水稻生产技术的革新和发展,不断地促进了单产提高,确保了我国水稻的总产量相对稳定。随着种植业结构的调整和我国经济的快速发展,我国水稻种植面积有所下降。其中,东部发达地区的水稻种植面积下降明显,华北、西北地区也有小幅度的下降,南方双季稻改单季稻的趋势也有所上升,但东北的粳稻种植面积却有所上升。从水稻单位面积产量上来看,东部最高,其次是中部,最后是西部。保证水稻的种植面积仍是保证我国水稻生产平稳发展的关键因素。

(三) 发展趋势

水稻是我国最重要的粮食作物,全国人口约为14亿,其中60%以上的人口以稻米为主粮。人口增长是我国水稻产业发展的原始动力,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,国内稻米年消费量1.2亿~1.3亿t,供需仅仅实现了平衡略有余。我国人口数量基数大,近10年内我国水稻收获面积年均下降0.5%,单产年均增长0.3%,稻米总产量年均下降0.2%(徐春春等,2022)。只有确保水稻单产持续提升和种植面积稳定,才能保障我国水稻总产持续增长,维护国家粮食稳定。保障水稻生产和消费的平衡是我国水稻产业发展的最大挑战,因此,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。

近年来,全球气候变暖、农业用地减少以及能源危机和环境污染的加剧,对我国的粮食安全构成了巨大挑战。在稳定水稻种植面积的情况下,预计提高单产是我国未来长时间的水稻育种的主攻方向之一。同时,随着人民生活水平的提高,对大米品质提出了更高的要求,水稻育种不仅要高产、稳产,而且还要好吃、安全,这对水稻育种工作者提

出了新要求,尤其是对优质、高效、绿色、适合轻简化栽培的新品种需求是十分迫切的。因此,利用分子标记辅助选择、基因编辑、全基因组选择等分子生物学最新的科研成果,精准鉴定、筛选种质资源,进一步聚集优质、高产、多抗、早熟、耐寒、耐旱等优良性状,创制、培育育种新材料和新品种,全面提高水稻产量,对于农业可持续发展、改善民生、发展国民经济乃至国家安全十分重要。

第二节 水稻病虫害鼠害发生情况

一、发生种类

我国是世界上农业生物灾害最严重的国家之一,常年发生的农作物病虫害鼠害多达1700种,其中造成作物产量和品质严重损失的有100多种。我国水稻病虫害鼠害种类繁多,其中较为严重的水稻病害种类包括:稻瘟病、纹枯病、稻曲病、恶苗病、胡麻斑病、穗腐病、白叶枯病、南方水稻黑条矮缩病、细菌性条斑病、条纹叶枯病、黑条矮缩病、干尖线虫病等。水稻主要虫害及其他有害生物种类包括:褐飞虱、白背飞虱、稻纵卷叶螟、二化螟、大螟、灰飞虱、中华稻蝗、稻水象甲、水稻蓟马、稻秆潜蝇、福寿螺等。水稻主要草害种类包括:稗、异型莎草、扁秆蔗草、鸭舌草、萤蔺、双穗雀稗等。水稻主要鼠害种类包括:黄毛鼠、板齿鼠、褐家鼠、小家鼠、黑线姬鼠、东方田鼠等。

二、发生特点与区域

水稻病虫害鼠害在全国发生的特点为重大病虫害发生范围广、面积大、损失重。其中,重大虫害包括:二化螟、稻飞虱、稻纵卷叶螟;重大病害有:纹枯病、稻瘟病、稻曲病、白叶枯病。区域性严重发生或呈上升趋势的次要病虫害包括:大螟、叶蝉、稻秆潜蝇、跗线螨;恶苗病、穗腐病、胡麻斑病、南方水稻黑条矮缩病、细菌性条斑病、根结线虫病。发生为害的主要特点及区域:主要病虫害在6个稻区都普遍发生,危害较为严重;受长江中下游单改双、南方稻区单季稻面积增加等因素影响,二化螟、大螟在局部稻区发生程度加重;白叶枯病、细菌性条斑病等细菌性病害流行范围增大、程度加重,局部造成严重危害;南方水稻黑条矮缩病、齿叶矮缩病等稻飞虱传播的病毒病在华南稻区流行,发病普遍,危害较轻;跗线螨、根结线虫病呈上升态势,发生面积进一步增加,重发区危害严重。稻田综合种养区等农区的鼠害有偏重发生态势,其中东北、华南、西北及西南局部地区尤为严重。

三、为害程度

根据已报道的2010~2020年的统计数据,我国水稻六大产区中,各产区病害发生总体情况不同,其中,华中稻区、华南稻区和华北稻区病害发生总面积与水稻播种面积接近,而西南稻区和东北稻区病害发生总面积明显小于水稻播种面积(元璐等,2021)。华中稻区、华南稻区、西南稻区和华北稻区虫害发生总面积均大于水稻播种面积,东北

稻区虫害发生总面积明显小于水稻播种面积（车琳等，2022）。在2021年，全国水稻病虫害鼠害发生14.2亿亩次（1亩 $\approx$ 666.7m²，下同），比上年略有减少，发生程度总体为中等至中等偏重，部分病虫害局部严重发生。近年来，除东北稻区水稻播种面积总体攀升外，其他产区水稻播种面积相对平稳、变化不大，所有产区病虫害发生总面积均呈逐年减小的趋势。

四、发生趋势

综合分析我国水稻病虫源基数、种植制度、作物布局和气候等因素，水稻病虫害发生为害规律发生了很大变化。尤其是全球变暖加剧和种植制度的变化，进一步加剧我国水稻病虫害的发生，重大病虫害暴发强度大，次要病虫害为害程度加重，总体的为害面积大（张立侠，2015）。2022年水稻重大病虫害发生面积10.3亿亩次，比2021年和2016~2020年均值分别增加13.6%和7.1%。其中，褐飞虱在华中和华南东部稻区偏重发生，南方其他稻区中等发生；白背飞虱在西南东部稻区偏重发生，南方其他稻区中等发生；稻纵卷叶螟在华中和华南东部稻区偏重发生，南方其他稻区中等发生；二化螟在江南、长江中游和西南北部稻区偏重发生，其他稻区中等发生；水稻纹枯病在江南、华南、长江中下游、西南北部和东北南部稻区偏重发生，西南南部和东北北部稻区中等发生；稻瘟病在东北主产区、南方丘陵山区和沿江沿淮稻区中等以上程度发生，感病品种存在重发流行风险；稻曲病已成为南方各稻区的主要病害，东北稻区稻曲病的发生为害面积显著扩大。

五、绿色防控策略与技术

我国各类病虫害鼠害的防控仍然主要依靠化学农药的施用。由于我国农业生产中农药污染事件的频繁发生，必须重视农产品质量安全问题，因此，研发并推广资源节约和环境友好的绿色防控策略与技术迫在眉睫。2006年以来，我国提出了“公共植保、绿色植保”的新理念，开启了农作物病虫害绿色防控的新征程；2011年，农业部印发《农业部办公厅关于推进农作物病虫害绿色防控的意见》，随后将绿色防控作为推进现代植保体系建设、实施农药和化肥“双减行动”的重要内容；2019年，农业农村部、国家发展改革委、科技部、财政部等七部（委、局）联合印发《国家质量兴农战略规划（2018—2022年）》，提出实施绿色防控替代化学防治行动，建设绿色防控示范县，推动整个县的绿色防控工作；2021年中央一号文件提出“持续推进化肥农药减量增效，推广农作物病虫害绿色防控产品和技术”的要求；2022年重点试验、示范、推广八大类绿色防控技术。在新发展理念和一系列政策的推动下，我国各级植保部门积极开拓创新，加大了绿色防控技术的研发力度（刘万才等，2021）。

近年来我国在水稻病虫害鼠害绿色防控技术研发和推广上取得了许多新进展，成效显著。浙江大学、全国农业技术推广服务中心等单位开发了水稻重要害虫性诱防控技术并集成控害技术，成功应用于我国水稻害虫生物防控；开发出水稻二化螟性诱剂，降低田间雌雄二化螟的交配率，减轻水稻二化螟幼虫对水稻的危害，田间防效显著（郭玉霞

和黄琴, 2022)。中国农业大学联合多家科研院所和推广部门, 通过测定、监测田间稻瘟菌群体无毒基因频率和主栽水稻品种的抗瘟性, 掌握了多地稻瘟病菌变异的时空动态规律及各地主栽品种抗病性, 研发了基于抗瘟品种布局的稻瘟病可持续绿色防控技术, 在黑龙江、辽宁、四川等省份得到了大面积应用。稻田综合种养模式是一种融合水稻栽培和水产养殖的农作技术, 有效地减轻了水稻病虫害鼠害, 为水稻农药减量、绿色高效生产提供了强力支持, 该模式在我国东南稻区推广应用, 推动了农业的绿色发展 (王岳钧等, 2018)。

撰稿人: 朱小源 (广东省农业科学院植物保护研究所)

梁美玲 (广东省农业科学院植物保护研究所)

彭友良 (中国农业大学植物保护学院)

审稿人: 曾列先 (广东省农业科学院植物保护研究所)

第二章

水稻病害

第一节 稻 瘟 病

一、诊断识别

（一）为害症状

稻瘟病可发生在水稻的各个生育期，根据其发生时期和部位的不同，可分为苗瘟、叶瘟、叶枕瘟、节瘟、穗颈瘟、枝梗瘟和谷粒瘟。稻瘟病无论在何部位发生，其诊断要点均是病斑具有明显褐色边缘、中央灰白色，遇合适湿度条件时，发病部位产生灰绿色霉层（为稻梨孢的分生孢子梗和分生孢子）（图 2-1）。

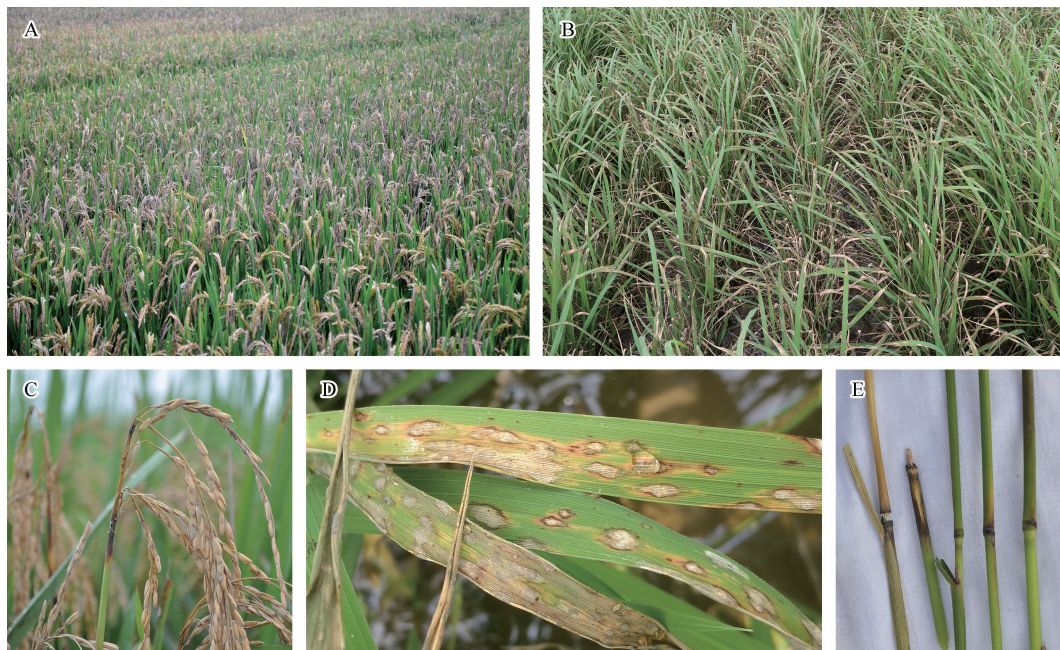


图 2-1 稻瘟病的症状

A：穗瘟（包括穗颈瘟、枝梗瘟）（大田照）；B：叶瘟（大田照）；C：穗颈瘟；D：叶枕瘟；E：节瘟

1. 苗瘟

发生在三叶期以前苗床。初期在胚芽和胚芽鞘上出现水渍状斑点，随后病苗基部变成黑褐色，上部呈黄褐色或淡红色，严重时病苗枯死。潮湿时，病部可长出灰绿色霉层。

2. 叶瘟

发生在移栽大田稻苗叶部。随水稻品种抗瘟性和天气条件的不同，病斑分为白点型、急性型、慢性型和褐点型等4种症状类型。①白点型：为初期病斑，白色，多为圆形，不产生分生孢子。在感病品种的幼嫩叶片上发生时，遇适宜温度、湿度能迅速转变为急性型病斑。②急性型：病斑暗绿色，多数近圆形，针尖至绿豆大小，后逐渐发展为纺锤形。叶片正、反两面密生灰绿色霉层。③慢性型：遇干燥天气或经药剂防治后，急性型病斑便转化为慢性型。典型的慢性型病斑呈纺锤形，最外层黄色，内圈褐色，中央灰白色；病斑两端有向外延伸的褐色坏死线。病斑背面也产生灰绿色霉层。慢性型病斑自外向内可分为中毒部、坏死部和崩溃部。④褐点型：病斑为褐色小点，多局限于叶脉间，中央为褐色坏死部，外围为黄色中毒部，无分生孢子，常发生在抗病品种或稻株下部的老叶上。

3. 叶枕瘟

叶耳易感病。初为污绿色病斑，向叶环、叶舌、叶鞘及叶片不规则扩展，最后病斑灰白色至灰褐色。潮湿时长出灰绿色霉层，病叶早期枯死，容易引起穗颈瘟。

4. 节瘟

主要发生在穗颈下第1、2节上，初为褐色或黑褐色小点，以后环状扩大至整个节部。潮湿时，节上生出灰绿色霉层，易折断。亦可造成白穗。

5. 穗颈瘟和枝梗瘟

发生于穗颈、穗轴和枝梗上。病斑初呈浅褐色小点，逐渐围绕穗颈、穗轴和枝梗并向上、下扩展，病部因品种不同呈黄白色、褐色或黑色。穗颈发病早的多形成全白穗，发病迟的则谷粒不充实，其危害轻重与感病迟早密切相关。

6. 谷粒瘟

发生在谷壳和护颖上。发病早的谷壳上，病斑大，呈椭圆形，中部灰白色，可延及整个谷粒，造成暗灰色或灰白色的瘪谷。发病迟的为椭圆形或不规则形的褐色斑点；严重时，谷粒不饱满，米粒变黑。

（二）病原特征

在田间引起稻瘟病的病原菌为稻梨孢（*Pyricularia oryzae*），属于子囊菌门（Ascomycota）梨孢科（Pyriculariaceae）梨孢属（*Pyricularia*）。在受侵染的水稻叶片上，稻梨孢的

分生孢子梗以3~5枝成束从气孔伸出，顶部有短分枝，隔膜2~8个，基部稍膨大，无色或略带褐色， $112\sim 456\mu\text{m}\times 3\sim 4\mu\text{m}$ 。分生孢子梗顶部以合轴方式产生1~20个分生孢子，其脱落处有瘢痕。成熟的分生孢子为洋梨形，基部圆润，顶部尖细，绝大多数有2个隔膜。分生孢子大小通常为 $19\sim 25\mu\text{m}\times 7\sim 9\mu\text{m}$ ，基部有一个 $1.6\sim 2.4\mu\text{m}$ 的小突起。不同分生孢子的大小和形状略有差异（图2-2）。分生孢子的大小和形状还与寄主及环境条件有关，高温高湿条件下产生的分生孢子比低温干燥条件下产生的长。

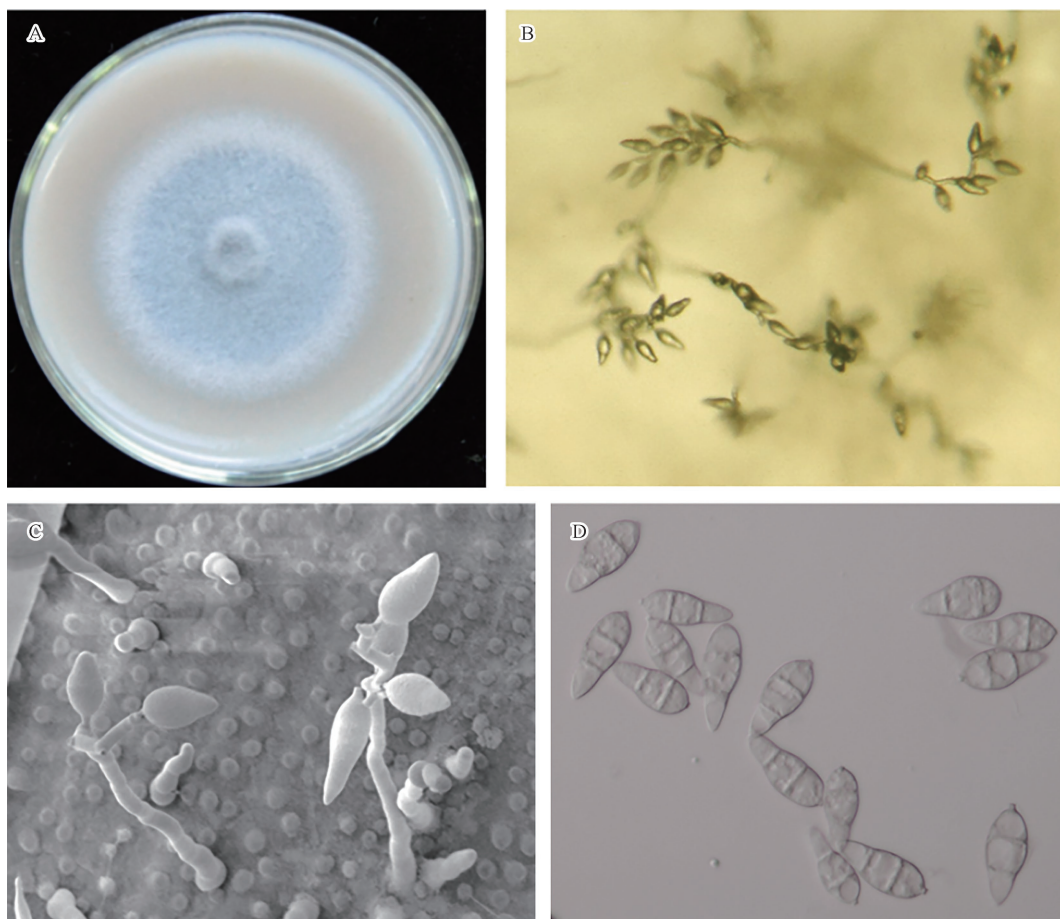


图 2-2 稻梨孢的无性态

A: 菌落（培养基上）；B: 产孢结构（培养基上）；C: 产孢结构（水稻叶片上）；D: 分生孢子

温度、湿度和光照等外界条件对稻梨孢的无性生长和发育影响较大。在培养条件下，菌丝生长的温度范围为 $8\sim 37^{\circ}\text{C}$ ，最适宜温度为 28°C 。分生孢子产生的温度范围为 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，最适宜温度为 28°C 。不同温度下产孢的时间有差异，在 28°C 时产孢迅速。在 $15\sim 35^{\circ}\text{C}$ ，分生孢子从分生孢子梗上释放不受温度影响。分生孢子的致死条件为 50°C 水中 $13\sim 15\text{min}$ ，干燥条件下分生孢子可在 60°C 下存活 30h 。在 $-6\sim -4^{\circ}\text{C}$ 、 $50\sim 60$ 天后约有20%的分生孢子可存活。在速冻后，分生孢子可在 -30°C 下存活至少18个月。 $25\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的温度条件适于分生孢子萌发，最适温度为 $25\sim 28^{\circ}\text{C}$ ，但在 $10\sim 15^{\circ}\text{C}$ 下萌发慢，或者不萌发。在水稻叶片上，菌丝最适在93%的相对湿度下生长，高于或低于这个

值均不利于生长。空气相对湿度在 93% 及以上时, 病斑上才可产生分生孢子; 相对湿度越大, 产孢量越大。分生孢子在水里可自由萌发, 在空气中相对湿度为 92%~96% 时萌发。

除水稻外, 稻梨孢还可侵染为害小麦、大麦、谷子和玉米等农作物, 以及多种禾本科牧草和草坪草。此外, 也可侵染狗尾草、牛筋草、画眉草等多种杂草。稻梨孢为异宗配合真菌, 其有性态为 *Magnaporthe oryzae*, 属于子囊菌门 (Ascomycota) 巨座壳科 (Magnaporthaceae) 巨座壳属 (*Magnaporthe*)。虽然在自然界尚未发现其有性态, 但在田间可检测到两种交配型; 在室内, 将两种交配型在适当的培养基上进行对峙培养, 可产生有性态。

二、分布为害

(一) 分布

稻瘟病是一种在世界范围内广泛发生的病害。据英联邦真菌研究所 (CMI) 1981 年记载, 稻瘟病在全球 85 个以上国家和地区的水稻种植区发生, 其中以亚洲、非洲和拉丁美洲稻区发病最为严重。稻瘟病在我国各个水稻种植区均有发生, 一般是山区重于平原。稻瘟病于 2020 年 9 月被我国农业农村部归入《一类农作物病虫害名录》。

(二) 为害

全世界几乎所有水稻种植区均有稻瘟病发生, 每年均在各产区造成稻谷总产 2% 以上的损失, 这些损失的稻谷能养活 6000 万人口 (Savary et al., 2019)。在我国, 稻瘟病是各稻区常发性真菌病害, 年均发生面积 400 万 hm^2 以上; 若防控措施缺失或实施不当, 可导致稻谷产量损失 20 亿 kg 以上。21 世纪以来, 稻瘟病曾在我国发生过多次局部大流行, 造成了严重的稻谷损失。如 2004~2007 年, 在黑龙江省连续发生稻瘟病局部大流行, 年均受害面积超过 66.67 万 hm^2 , 造成的稻谷损失接近或超过该省总产量的 10%; 又如, 2010 年在辽宁省发生稻瘟病大流行, 全省 80% 以上的稻田发生了不同程度的穗颈瘟危害。上述损失均是在采取积极防治后的结果; 如不进行防治, 稻瘟病可导致我国稻谷总产量损失 30% 以上, 局部地区可出现绝收的局面 (刘万才等, 2016)。

三、流行规律

(一) 侵染循环

1. 侵染过程

稻梨孢 (*Pyricularia oryzae*) 在田间以无性态完成侵染循环 (图 2-3)。当分生孢子落在水稻表面, 在湿润条件下, 其尖端释放出黏液, 将分生孢子黏附在水稻蜡质层表面, 以抵抗水流的冲刷和风力的抖落。分生孢子遇水 30~90min 后即可萌发, 芽管通常情况下只从分生孢子的顶端细胞产生, 偶尔也从中间细胞或基部细胞形成。芽管随后的生长和分化成附着胞依赖于其所接触的寄主表面的特性。水稻叶片表面的蜡质层能诱导和促

进附着胞的形成。附着胞一般在分生孢子发芽后 2~3h 开始形成，在 12h 内基本成熟。成熟的附着胞是黑色的，其细胞壁内层有黑色素沉淀（底部形成侵染钉处除外）。随着附着胞内甘油和糖原的积累及其对水分的吸收，可产生高达 8.0MPa 的膨压，并在其底部缺少黑色素处形成侵染钉。侵染钉穿透寄主植物角质层和细胞壁后，膨大形成初级侵染菌丝，随后分化为次级侵染菌丝，并通过胞间连丝扩展至邻近的植物细胞。如条件合适，稻梨孢在侵染水稻叶片 3~6 天后形成感病病斑，并在其上产生分生孢子。一个典型的感病病斑可产生 2000~6000 个分生孢子，且产孢过程可持续多天。叶瘟病斑产孢的高峰在病斑出现后的 3~8 天，而穗颈瘟病斑产孢的高峰在病斑出现后的 10~20 天。在田间，分生孢子可随时释放，释放出的分生孢子可造成再次侵染。

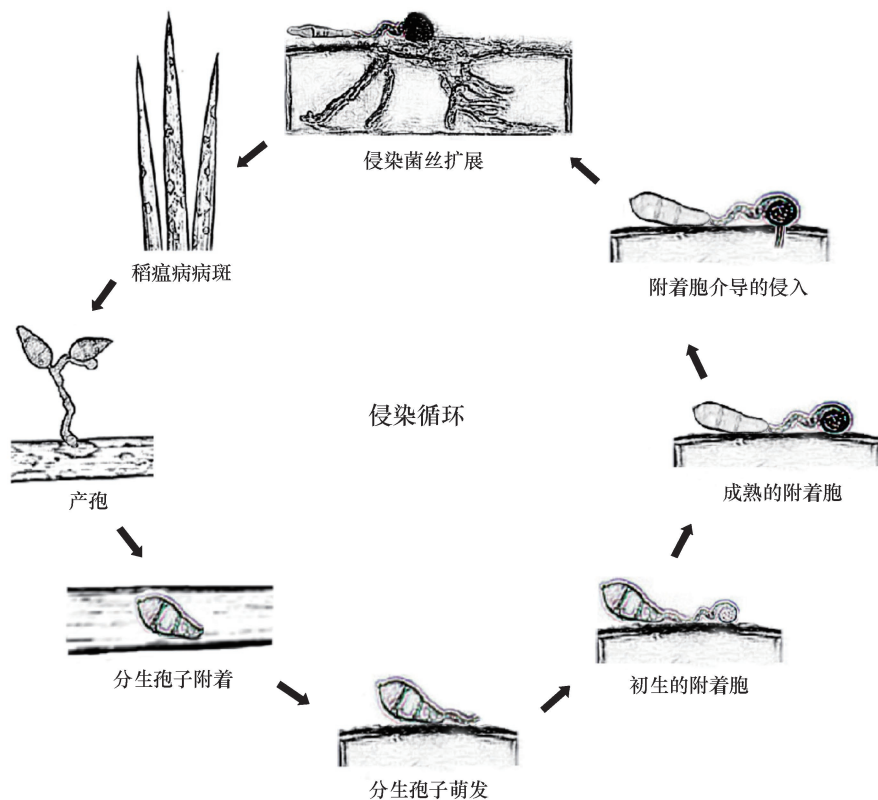


图 2-3 稻梨孢侵染循环示意图

2. 越冬

在温带稻区，稻梨孢可能以分生孢子和菌丝体在水稻病残体（如稻草、稻谷和稻桩）上越冬。在干燥条件下，病残体里的菌丝体能存活数月，分生孢子可存活一年以上。在潮湿的自然条件下，病残体的分生孢子和菌丝体均难以存活到下一个生长季。越冬后的分生孢子经风吹着陆于植物体表后，可以直接萌发侵入水稻植株，越冬的菌丝体也可产生分生孢子，经风吹着陆于水稻植株表面进行侵染。田间最可能的初侵染源一般为植物病残体。在冬天，病稻草垛表面的分生孢子和菌丝可能难以存活，但在草堆内部的病