

全国高等农业院校教材

麦类病害

● 李振岐 主编

● 植物保护 植物病理专业用

中国农业出版社

35.121
52

全国高等农业院校教材

麦 类 病 害

李振岐 主编

植物保护专业用
植物病理

中 国 农 业 出 版 社

全国高等农业院校教材

麦类病害

李振岐 主编

责任编辑 张洪光

出版 中国农业出版社

(北京市朝阳区农展馆北路2号)

发行 新华书店北京发行所

印刷 中国农业出版社印刷厂

* * *

开本 787mm×1092mm16 开本

印张 12.5 字数 288 千字

版、印次 1997 年 5 月第 1 版

1997 年 5 月北京第 1 次印刷

印数 1—2,000 册 定价 12.30 元

书号 ISBN 7-109-04414-9/S·2739

ISBN 7-109-04414-9



9 787109 044142 >

前 言

麦类作物是我国尤其是北方的一类最重要的粮食作物,做好麦类作物病害的防治是确保我国麦类作物高产、稳产的关键措施之一。因此,为了使学生在学习《农业植物病理学》的基础上,扩大在麦类作物病害方面的知识面和进一步提高其研究和解决麦类病害问题的能力,特编写本参考教材。本教材除供植保专业大学生学习参考外,也可供其它专业大学生、研究生和农技工作者参考。

《麦类病害》是一门参考教材,主要是在《农业植物病理学》教材的基础上,比较全面和深入地反映当前国内外在麦类病害方面的最新研究进展和问题,因而本教材是《农业植物病理学》的补充和发展,具有承上启下的作用。

本教材以辩证唯物主义和农业生态系统观点为指导,坚持理论结合实际的原则。从综合治理的要求出发,在内容选择上,既要突出重点,又要照顾一般;在编写方法上,既要坚持科学性,先进性,又要注意富于启发性,以利学生学得深,学得活,学得好。

本教材注意与有关教材相互衔接,避免不必要的重复。

本教材对各类病害的编写要求是:1)重点病害:在农病的基础上,主要阐述各个病害在发生规律、病原—寄主相互关系、防治方法以及研究技术等方面的突出问题 and 研究新进展;2)一般病害:在农病的基础上,做简要补充;3)各类病害检索表:种类要全,表中说明要简明。此外,有些国外重要而国内尚未发生或发生较轻的病害也作适当介绍。

本教材由李振岐主编并负责第1、3章和附录的主编,主要参加编写人有商鸿生(负责第2、4章和第3章第3节的编写)和魏宁生(负责第6章的编写)。此外,还特邀以下有关专家负责部分章或节或部分内容的编写,他们是:朱之靖(第3章第1节3)、吴畏(第3章第1节2)、张志德(第3章第2节)、张天宇(第3章第4节)、王树权(第5章)、王汝贤(第7章)、杨之为(第8章)。

本教材承曾士迈(主审)和朱之靖两位教授对初稿进行了详细审阅和修改。

在本教材编写过程中还得到许多同志的帮助,如徐秋员、徐芳玲同志为本教材绘制了插图;薛文霞和黄月丽同志先后为本教材录入和打印初稿。由于有以上专家和同志们热心帮助,才使我们的编写计划得以顺利完成。在此,谨向他(她)们表示最诚挚的谢意。

在本教材编写中,我们编写组的同志虽然尽了最大努力,设法提高编写质量,但限于水平和时间,难免还有错漏之处,尚望读者不吝批评指正。

主 编: 李振岐

编写人: 商鸿生

魏宁生

1994年3月25日

目 录

前言

第一章 绪论	1
第一节 麦类病害的重要性及其研究历史	1
第二节 我国麦类病害的种类、分布及其发生消长和演替概况	4
第三节 我国麦类病害防治研究的成就	5
第二章 麦类穗部和籽粒真菌病害	7
第一节 麦类赤霉病	7
第二节 麦类黑粉病	12
第三节 麦类穗部和籽粒其它真菌病害	19
第三章 麦类叶部真菌病害	26
第一节 麦类锈病	26
第二节 麦类白粉病	57
第三节 小麦雪霉叶枯病	68
第四节 小麦蠕孢叶斑病	74
第五节 麦类叶部其它真菌病害	80
第四章 麦类茎基部和根部真菌病害	86
第一节 麦类全蚀病	86
第二节 麦类纹枯病	94
第三节 麦类茎基部和根部其它真菌病害	99
第五章 麦类细菌和菌原体病害	106
第一节 概述	106
第二节 小麦黑颖病和蜜穗病	106
第三节 小麦细菌性叶疫病	110
第四节 麦类其它细菌和菌原体病害	112
第六章 麦类病毒病	115
第一节 概述	115
第二节 麦类病毒病的诊断	117
第三节 黄化型麦类病毒病	120
第四节 花叶型麦类病毒病	126
第五节 土传麦类病毒病	128
第六节 矮缩型麦类病毒病	132
第七节 麦类病毒病害综合防治	135
第七章 麦类线虫病	139
第一节 小麦粒瘰线虫病	139
第二节 禾谷胞囊线虫病	142
第三节 麦类其它线虫病	145
第四节 麦类线虫病的防治	148
第八章 麦类病害的综合治理	151

第一节 麦类病害防治的策略和原则	151
第二节 不同生态区麦类病害的发生特点及其综合治理	152
第三节 我国麦类病害综合治理中的问题和展望	161
附录 1 麦类常见病害名录	163
附录 2 麦类作物病害及病原检索表	166
附录 3 中英文专业术语对照	177
参考文献	184

第一章 绪 论

第一节 麦类病害的重要性及其研究历史

一、我国麦类作物的栽培历史及其经济重要性

麦类包括小麦、大麦、黑麦和燕麦等作物，是我国北方最重要的一类粮食作物，其中以小麦最为重要，其次是大麦。小麦为全国第二大作物，据 1984 年统计，全国小麦面积约 2800 万公顷，总产 870 亿公斤，占该年全国粮食总产的 21.38%。大麦是最古老的粮食作物，在青藏高原为人民的主要粮食作物，近年来随着啤酒工业和饲料工业的发展，它在国民经济中的地位日益提高。黑麦和燕麦虽然种植面积较小，但却是山区人民不可缺少的重

要粮食和饲料作物。

麦类作物中的小麦是一种适应性很强的作物，无论山地、平原、河滩、湖洼以及各类土壤，均能生长，分布广泛，遍及全国，北起黑龙江省最北端的漠河县（北纬 23°29′，属严寒地带），南迄海南岛（北纬 18°，属亚热带），西起新疆维吾尔自治区西端的塔吉克自治县，东抵沿海各省，从平原至海拔 4100m 的西藏高原，均有栽培。

由于麦类作物有以上优点加之增产潜力很大，所以我国很早就开始了栽培。据史料记载，约在公元前 1200 年前，小麦在我国河南一带就是主要粮食作物了；到公元前 6 世纪末（春秋时代），已扩充到黄河中下游诸省；到公元前 3 世纪（战国后期），除黄河、淮河流域已栽培小麦外，内蒙古和江南部分地区也种植小麦；到 16 世纪（明朝），我国小麦的栽培已遍及全国，并且在粮食生产上占有重要地位。人类栽培大麦的历史更久。建国以来，我国各地区麦类作物特别是小麦生产发展很快，种植面积不断扩大，单产日益提高。据统计，1981 年与 1949 年相比，小麦栽培面积增加 31.6%；小麦单产提高 2.3 倍，总产增加 3.3 倍，已占粮食总产的 1/5。1984 年我国小麦总产已达 870 亿公斤。

我国栽培的小麦以冬麦为主，占 80%；春麦较少，占 20%。我国栽培冬小麦最多的省份主要有河南、山东、河北、安徽等四省；其次江苏、陕西、四川和山西等省也栽培较多。我国栽培春小麦的省区主要有黑龙江、甘肃、内蒙古、新疆、宁夏和青海等省区，而以黑龙江和甘肃两省栽培面积最大。

我国幅员辽阔，各地自然条件相差悬殊，小麦的耕作制度、品种类型、栽培技术等差异较大，因而形成了明显不同的栽培区域。1987 年中国农业科学院主编的《小麦栽培的理论与技术》一书中，将我国的小麦栽培区划分为 9 个主区和 5 个副区。这 9 个主区是：①北方冬麦区；②黄河平原冬麦区；③长江中、下游冬麦区；④长江上游冬麦区；⑤华南冬麦区；⑥西藏高原冬麦区；⑦东北春麦区；⑧北方春麦区；⑨西北春、冬麦区。

二、麦类病害的重要性

国内外的生产经验证明，麦类病害是麦类作物生产最重要的限制因素之一，据不完全

统计,麦类作物上常见的病害有 82 种,比较重要的有 20 多种,其中以麦类锈病、白粉病、赤霉病、黑穗病、病毒病、全蚀病和纹枯病等病害危害最大。例如,小麦锈病特别是条锈病,于 1950 年、1964 年和 1990 年三次大流行,分别使小麦减产 60 亿公斤、32 亿公斤和 25 亿公斤。麦类赤霉病在我国长江中下游以及其它一些地区的为害也是相当严重的。据统计,在长江中下游地区自 1960—1986 年间,大流行年有 9 年,流行频率为 36%。在大流行年份病穗率可达 50%以上,产量损失 2—4 成。麦类白粉病是 70 年代以来迅速发展起来的另一重要病害,现已扩展到 20 个省市,1981 年全国大流行,发病面积近 333.33 万公顷,被害麦田一般减产 5%—10%,严重病田减产 20%以上。近年来的大量田间观察和调查结果表明,随着耕作制度的改变,一批批新品种的更换,以及栽培条件的改善和生产水平的提高,麦类作物病害的种类和为害性也日益增加,成为麦类作物生产上的一个十分突出的问题。主要表现在:①麦类病害的种类日益增多,几乎在麦类作物特别是小麦的整个生长期均有一些病害发生;②一些病害的为害区域逐渐扩大。如麦类赤霉病过去是长江中下游地区的突出病害,现该病在黄河中下游地区也为害很重。又如小麦白粉病过去主要在我国西南个别地区为害较重,现在在我国北方甚至东北地区已成为生产上的一个重要问题;③一些老病害又有所回升,如麦类黑穗病,特别是小麦腥黑穗病,再度成为一些地区生产上的重要问题;④一些病害,过去属一般性病害,现已转变成为生产上的重要问题,如麦类作物的雪霉叶枯病和蠕孢叶斑病等;⑤一些危险性病害,如麦类全蚀病,现在在一些地区如关中发展很快,已成为生产上的一个新问题。

由于麦类病害对麦类作物生产有如上重要影响,所以在进行麦类作物品种选育时,必须重视对品种抗病性的鉴定与选择,而在麦类作物栽培过程中,必须加强对麦类病害的防治。

三、麦类病害的研究历史

我国栽培小麦已有 3000 多年历史,大麦的栽培历史更长,因而我国劳动人民很早就对麦类病害开始了研究,并且积累了一定的经验。例如:1587 年我国即有关于麦类黑穗病(麦奴)发生的记载(《本草纲目·小麦》,明,李时珍)。又我国古代人民不仅深刻了解麦田病害的危害性,同时,对这些有害生物的发生规律还作了大量的观察研究,并且摸索出许多有效防治方法。“春多雨,麦脚着土而黄,名‘黄疸病’,最忌。”(《齐民要术》)。“布种必先识时,得时则禾益,失时则禾损。择种尤谨谋始:母强则子良,母弱则子病。”(《知本提纲·农则》,清,杨毕)。我国古代人民虽然对麦类病害有许多观察和防治经验,但对我国麦类病害的真正研究,是从本世纪 20—30 年代才开始的。

1918 年南京高等师范学校农科成立,设病虫害系,开始培养我国的植保科技人才。与此同时,也开始了对麦类病害的研究。自 20 年代至 40 年代,除了对一些地区的小麦病害种类和发生为害情况进行了调查外(戴芳澜,1927,《江苏麦类病害》;吴友三,1936、1938、1938,《小麦病害调查报告一、二、三》;朱凤美、朱恒纪,1944,《贵州省境之麦病及其防治》;夏禹甸,1943,《滇省麦病调查及防治经过》等),主要围绕小麦线虫病、麦类黑穗病和小麦锈病等重要病害问题开展了防治研究,并取得了以下结果:

(1) 通过广泛调查,明确了我国小麦线虫病的分布和危害情况,提出了防治方法,特

别是研制成功用线虫汰除机防治线虫病，效果好，方法简便易于推广（朱凤美）。

(2) 查明了我国麦类黑穗病的分布和危害情况，提出了综合防治方法，并且研究成功用生药材硫磺代替饮用酒处理麦种方法（朱凤美）。

(3) 研究了成都平原地区小麦条锈病的发生发展规律，证明小麦条锈菌不能以夏孢子世代在成都平原地区越冬（凌立，1942）；并对我国小麦秆锈菌（涂治，1934；尹萃芸，1947）、条锈菌（方中达，1944）和叶锈菌（王焕如，1942）的生理小种进行了初步鉴定。此外，王云章、王清和和凌立还研究了小麦抗秆锈病性，马保之研究了小麦锈病抗病育种。

(4) 对小麦线虫病与蜜穗病的关系（周家炽，1945）和小麦叶枯病（俞大绥，1935）也作了研究。

(5) 研究了小麦对赤霉病的抗性（吴友三，1939；戴松恩，1941），大麦坚黑穗病和大麦抗条纹病育种（俞大绥，1936—1944）。

1949年新中国诞生以后，我国麦类病害的防治、研究工作得到了迅速发展，取得了很大成绩，主要表现在：

(1) 在全国各地开展了小麦病害的调查，比较全面地掌握了我国小麦病害的种类及其分布与为害情况，为确定检疫、测报和防治对象，提供了有力的科学依据。

(2) 针对小麦生产上的突出病害问题，有关单位分工协作，从发生发展规律、品种抗性及防治方法等各个方面开展了系统研究，撰写了大量研究论文、报告和专著以及宣传资料。据不完全统计，解放后40多年来，我国在麦类病害方面共发表了约1100篇论文，其中关于小麦病害的有1020篇，关于大麦的有近70篇，出版专著6本，并结合各地区实际广泛开展了防治、试验、示范与推广，在生产上发挥了很大作用，例如：

小麦锈病，特别是小麦条锈病，一直是我国小麦生产上的突出病害问题，由于掌握了该类病害的发生规律和小麦条锈病的流行体系，研究了病菌的致病性和品种的抗病性及防治方法，贯彻了“以品种为主，药剂、栽培为辅”的防治策略与原则，取得了很大成就；1956年以来，小麦秆锈病基本上得到了控制；1965年以来，小麦条锈病在全国范围内未再发生全国性大流行。

小麦黑穗病和线虫病过去是我国小麦生产上的重要病害问题，危害很大。解放后，通过进一步研究，完善了对该两种病的防治方法，开展了防治，在广大范围内得到了控制。

对小麦生产上的其它重要病害，如麦类赤霉病、病毒病、白粉病、全蚀病的发生规律和防治方法也作了大量研究，取得了许多可喜成果，在生产上发挥了很大作用。

(3) 开展了大规模的综合防治研究。1974年，我国在广东韶关召开了全国农作物病虫害综合防治座谈会，对综合防治的概念进行了深入讨论，并提出了“预防为主，综合防治”的植保工作方针。1975年农业部在河南新乡召开了全国植保工作会议，在总结国内外正反两方面经验的基础上，正式确定：“预防为主，综合防治”作为我国植保工作的方针。这一方针的确定，为我国开展麦类病害的综合防治研究指明了方向。

1983—1985年国家确定小麦条锈病和麦类赤霉病的综合防治技术研究为国家“六五”科技攻关项目。围绕这一项目，全国有关单位组织协作攻关，并在经费上给予充分保证，为这一项目的顺利开展创造了良好条件。通过3年的努力，这一项目的研究取得了许多新的进展，从而为1986年开始的国家“七五”攻关项目“小麦主要病虫害综合防治技术研究”

打下了良好基础。

1986年开始的国家“七五”攻关项目“小麦主要病虫害综合防治技术研究”，结合黄淮海、西北、长江中下游和东北四个生态区麦类生产实际，分工协作进行，在有关应用基础，包括病虫动态规律、麦田生物群落、主要病虫为害损失与防治指标及其它有关问题，预测预报技术与病虫监测，关键防治技术等研究方面均取得了很大进展。并且建立了综防示范区，通过示范，协调应用各项研究成果，并吸取国内外先进经验，加以组装，形成比较完善的区域性综防体系，推广后成绩显著，为1986年开始的“八五”攻关研究奠定了坚实基础。

国家“八五”攻关课题“小麦主要病虫害及综合防治技术研究”已经进行了4年，通过参加攻关单位协作配合，共同努力，又取得了一些新的进展。

第二节 我国麦类病害的种类、分布及其发生消长和演替概况

一、我国麦类病害的种类和分布情况

我国小麦上常见的病害，就其类群而言，以真菌性病害最多，其次是病毒病，而细菌性病害及线虫病害较少；就作物而言，以小麦病害最多，其次是大麦病害，而燕麦病害较少。现将各类病害的情况简要介绍如下：

(1) 真菌性病害。我国麦类作物上常见的真菌性病害有57种，其中小麦上有38种，大麦上有16种，燕麦上有10种。在上述真菌病害中，目前分布广泛、危害比较严重的主要有小麦条锈病、秆锈病和叶锈病、赤霉病、白粉病、全蚀病、雪霉叶枯病和大麦条纹病等。另外，有些病害虽分布不广，但在局部地区为害较重，如小麦白秆病在甘、川、青和西藏的高寒地区，大麦条锈病在西藏地区发生较重。

(2) 病毒性病害。我国麦类作物上常见的病毒性病害有10种，其中以小麦黄矮病、小麦黄叶病、土传花叶病和丛矮病与蓝矮病为害较重。

(3) 细菌性病害。我国麦类作物上常见的细菌性病害有6种，一般为害较轻。

(4) 线虫病害。我国麦类作物上常见的线虫性病害有5种，过去小麦粒瘰线虫病为害较重，现已基本上得到控制。

二、我国麦类病害的发生消长和演替情况

我国常见麦类病害种类及其分布和危害情况已如上述。但是我国麦类病害的种类和发生为害情况是不断发生变化的。

解放前和50年代初期，我国麦类作物上为害较大的病害主要是麦类黑穗病、线虫病、锈病和赤霉病，由于采取了种植抗病品种、药剂拌种和栽培防治等措施，至60年代中期，麦类黑穗病、线虫病和秆锈病已基本上得到了控制，小麦条锈病，虽一度由于推广种植碧蚂1号小麦良种，在一个时期有所控制，后来由于碧蚂1号小麦丧失了抗锈性，又重新流行了起来。

自1965年至70年代中后期，由于扩大推广应用抗锈品种并在陇南、陇东、关中等小

麦条锈病流行传播的关键地区实行了抗源品种的合理布局,小麦条锈病也基本上得到了控制,但由于以后受到干扰破坏,在麦类作物生产活动中未能继续贯彻药剂拌种等防治措施,致使麦类黑穗病,特别是小麦腥黑穗病,在一些地区又有所回升,与此同时,由于一些新品种的推广,开始产生了一些新的病害问题,如小麦雪霉叶枯病。

70年代中期以后,由于实行耕作改制(间作套种,矮秆密植)、品种更换,栽培条件特别是水、肥条件的变化等原因,我国麦类作物病害的种类及其分布和为害等均发生了较大变化。麦类赤霉病,除了继续在长江中下游麦区为主要病害外,还逐渐向北部麦区扩展,在我国黄河中下游地区也为害很重,成为生产上的一个突出问题。麦类病毒病在北方麦区也有所发展,不仅在干旱山、原地区加重了流行,同时,在平原地区也多次流行成灾,造成很大危害。同时,发生在麦类作物成株中后期叶部的一些叶枯、叶斑类病害如雪霉叶枯病、蠕孢叶斑病等也日渐加重,成为生产上的新病害问题。

进入80年代以后,由于洛夫林系统品种逐渐丧失了抗锈性,小麦条锈病在西北、华北地区先后又流行了起来,到1989—1991年,特别是1990年,此病在北方广大麦区流行造成了25亿公斤损失。同时,上述多种病害更加严重。此外,由于新品种的更换或扩大推广,对麦类白粉病抗性较差,麦类白粉病日益发展,截至目前,无论从发病面积和为害程度来说,均已成为麦类作物生产上的一个十分突出的问题。

从以上所述我国麦类病害发生消长变化情况,可见以下几点:

(1) 尽管我国麦类作物病害过去几十年中有很大的变化,但从总体上来说,小麦条锈病和麦类赤霉病一直是对我国麦类作物高产、稳产和优质影响最大的病害问题。因此,对这两种病害的防治研究应继续加强,以便早日从根本上解除其为害。

(2) 影响麦类病害消长变化的因素是多种多样的,它既受人工控制好坏的影响,也受自然环境和栽培条件,以及耕作改制和品种改变等因素变化的制约。这说明,与麦类作物病害作斗争是一项长期的任务,随着麦类作物生产的发展,防治病害的任务,不是减轻了,而是更重了。

(3) 麦类白粉病近年来在我国西北、华北和东北等许多麦区发展迅速,已成为麦类作物生产上的一个突出问题,必须给予足够重视。

第三节 我国麦类病害防治研究的成就

自从本世纪20、30年代开始,应用科学方法对我国麦类病害进行防治研究以来,经过几代人的艰苦努力,特别是建国后,取得了很大进展,在理论上和技术上均有了很大提高,对保证我国麦类生产,特别是小麦的高产和稳产,发挥了重要作用。概括起来主要有以下几点:

(1) 基本上查明了我国麦类病害的种类及其分布和为害情况,初步明确了各个麦区的主要病害,为在我国各个麦区开展麦类病害的预测预报和确定防治对象提供了依据。

(2) 对影响我国麦类作物生产较大的麦类病害,如麦类锈病、赤霉病、病毒病、白粉病、黑穗病、线虫病、全蚀病、雪霉叶枯病等的病原生物学特性、病害发生发展规律、病菌的生理分化、品种抗病性和防治方法等进行了比较系统的研究,并且及时应用于生产实

际，转化为生产力，在生产上发挥了巨大作用，使这些病害在生产上的为害得到了不同程度的控制，其中不少病害，如麦类线虫病、黑穗病、秆锈病，在 60 年代中期，就已得到了有效控制。

(3) 通过国家“六五”、“七五”和正在进行的“八五”攻关研究，在小麦病虫害综合防治技术研究方面取得了很大进展，使我国在这方面的研究已经达到了国际先进水平，为我国麦类病害的进一步研究和防治打下了良好的基础。

(4) 在麦类病害，特别是麦类锈病防治的基础理论方面，如我国小麦条锈病的流行体系、病菌毒性变异和品种抗病性机制、病害流行过程的系统分析和电算模拟、生物间遗传学、麦类病毒种类和株系的鉴定，以及其它研究方面也取得了很大进展，其中有的研究水平，已经处于国际领先地位，或达到国际先进水平。这些研究成果，对制定我国麦类病害的防治策略，提高防治水平，起了很大作用，同时，对我国植物病理学科的发展也起了一定的带动作用。

我国在麦类病害防治研究方面虽然取得了很大成绩，但距满足麦类作物生产对麦类病害防治研究工作的要求还有很大差距，与发达国家相比，在许多方面也还有较大差距，因而仍需继续努力。

第二章 麦类穗部和籽粒真菌病害

麦类穗部病害可大致分为两类，第一类危害穗部，其它器官不表现症状或症状很轻微，这一类包括麦角病、散黑穗病、坚黑穗病、普通腥黑穗病等少数病害。另一类病害穗部和其它器官都可能受到侵染，但以穗部发病为主，或者在某些地区，某种条件下穗部发病较重。本章将重点介绍其中分布最广泛的赤霉病和黑粉病，而对离蠕孢穗腐、壳针孢穗腐、捷氏霉穗腐等仅描述穗部发病特点，这些病原菌尚引起严重的叶病，在第三章中将详细介绍其病害循环和防治方法。秆黑粉病虽以营养器官发病为主，但仍与黑穗病一并介绍，以资比较。

穗部病害导致种子带菌，带菌种子是病害远距离传播，特别是传入无病区的介体。在已发病地区，种子带菌往往也是重要的侵染菌源。研究种子带菌种类及其性质，对于植物检疫和病害控制有重要意义。

第一节 麦类赤霉病

麦类赤霉病 (*Fusarium head blight*, Scab) 主要指多种镰刀菌引起的穗部腐烂，广泛发生在全世界较温暖湿润的麦类栽培区。据估计，我国小麦赤霉病发生面积超过 666.66 万公顷，已成为仅次于条锈病的大病害。长江中下游麦区发病最重，1951—1987 年间，长江三角洲赤霉病大流行年的频率为 15.8%，中度流行年的频率达 31.6%，大流行年减产 20%—40%，中度流行年份也达 10%—20%。黄、淮流域由于复种玉米增多和水浇地面积扩大，自 70 年代以来渐趋严重。1985 年大流行，河南省发病面积 153.33 余万公顷，减产 8.85 亿公斤，陕西关中减产 2.19 亿公斤。

赤霉病还导致麦类及其制成品品质下降，蛋白质和面筋含量减少，制粉和烘焙性质受到不良影响，出粉率降低，面粉色泽劣变。病麦粒含有多种真菌毒素，主要是脱氧雪腐镰刀菌醇 (deoxynivalenol) 和玉米赤霉烯酮 (zearalenon)，引起人畜中毒。

一、症 状

引起穗腐、苗枯、基腐等症状，以穗腐最重要。病小穗一般由颖片基部出现水渍状褐色病斑，后逐渐扩大使整个小穗枯黄，在颖片合缝处和小穗基部生粉红色霉状物（分生孢子座和分生孢子）。穗颈、穗轴或小穗轴变褐腐烂，可使病变处以上部分全部枯死，产生秕粒。后期发病部位可有小黑粒点（子囊壳）产生。病种子皱缩，表面呈白色或红色。

苗枯发生较少，主要由种子带菌引起，芽鞘和根鞘呈黄褐色水渍状腐烂，病部向根、叶扩大，严重时幼苗枯死。种子残余和病苗上可能产生粉红色菌丝体。基腐严重发生时，茎基部褐色腐烂，植株枯萎死亡，一般仅基部叶鞘黄枯，偶或产生小黑粒点。

二、病原菌

禾谷镰刀菌 (*Fusarium graminearum* Schw.) 是引起穗腐的优势菌种, 黄色镰刀菌 *F. culmorum* (Smith) Sacc. 和燕麦镰刀菌 *F. avenaceum* 等对穗部也有强致病性, 但数量甚少, 仅局部地区所占比例稍高。

禾谷镰刀菌大分生孢子生于单生的近球状侧生瓶状小梗上或生于繁复分枝末端的瓶状小梗上, 小梗 $10-14\mu\text{m} \times 3.5-4.5\mu\text{m}$ 。产孢后分生孢子梗越过已有小梗顶端, 继续层出新小梗, 并可构成分生孢子梗座。大分生孢子镰刀形、腹背明显, 具或不具伸长的顶端细胞, 脚胞明显。大分生孢子具 3—7 个隔膜, 3—4 隔的孢子大小为 $25-40\mu\text{m} \times 2.5-4\mu\text{m}$, 5—7 隔的 $48-50\mu\text{m} \times 3-3.5\mu\text{m}$ 。分生孢子无色、聚集时粉红色。厚垣孢子球形、透明至浅褐色, $10-12\mu\text{m}$, 间生, 单生或成串。培养基表面有时产生浅红色至橙色的粘质物, 即由大量分生孢子梗座, 侧生瓶状小梗以及分生孢子构成的粘分生孢子团。

有性态为玉米赤霉 *Gibberella zeae* (Schw.) Petch, 子囊壳散生或聚生, 卵形, 壁粗糙疣状, 深蓝色至紫色, 顶端有乳头状突起, 有孔口。子囊壳直径 $140-250\mu\text{m}$ 子囊无色棒状, $60-85\mu\text{m} \times 8-11\mu\text{m}$, 内含 8 个子囊孢子。子囊孢子无色, 弯纺锤形, 两端钝圆, 多数 3 隔, $19-24\mu\text{m} \times 3-4\mu\text{m}$ ($17-25.5\mu\text{m} \times 3-5\mu\text{m}$)。

禾谷镰刀菌主要寄生禾本科植物, 引起麦类和禾草赤霉病、玉米茎腐病(青枯病)、穗腐病等重要病害。该菌腐生能力强, 能在 49 科 134 种植物残体上腐生并产生子囊壳。

三、病害循环

(一) 初侵染来源

1. 南方稻麦轮作区 带菌稻桩产生子囊壳和子囊孢子, 成为穗腐的主要初侵染菌源。稻桩在冬前和越冬期即可产生子囊壳, 春季是子囊壳和子囊孢子形成的盛期, 成熟子囊孢子出现高峰期大致与小麦抽穗期同步。禾谷镰刀菌在水田中可以越冬存活到翌年春季, 菌丝体可能移到田间地表和稻桩上, 造成稻桩带菌。晚近的研究表明, 赤霉病菌在麦收后能侵染早、晚稻的穗部和基部叶鞘, 因而翌春稻桩产生子囊壳, 是在晚稻生长后期已被该菌侵染所致(梁训义, 1989)。

麦类种子内部潜伏病菌菌丝体, 播种后可引起苗枯, 对后期穗腐无直接影响, 大、小麦混栽地区, 大麦发病早, 病穗产生的分生孢子也可能成为小麦穗腐的初侵染菌源。

2. 东北春麦区 赤霉病菌主要以菌丝体和子囊壳在土表的麦株残体和其它植物残体上越冬, 其中以麦壳、麦秆最重要, 夏季残体上产生子囊孢子和分生孢子侵染小麦。

3. 黄、淮冬麦区 实施冬小麦和夏玉米复种, 田间遗留大量带菌玉米残秆, 少数冬前产生子囊壳, 翌春 4 月上旬子囊壳形成明显增多, 4 月下旬达到子囊孢子形成高峰期。分生孢子产生较少, 仅有次要作用, 玉米残秆带菌是玉米生育期感染镰刀菌茎腐病的结果。

4. 土壤带菌的作用 在稻麦复种地区, 土壤中的禾谷镰刀菌在淹水条件下不能长期存活, 由水稻田土壤中未能分离出来。吴治身(1980)证明在淹水条件下, 病残体中的病菌只能存活 18—20d。在旱作地区土壤中禾谷镰刀菌能以菌丝片断和厚垣孢子等菌态存活。据王树权、商鸿生等(1991)报道, 在陕西关中, 除多年休闲麦田外, 前作物为玉米、水稻、

大豆、苜蓿、蔬菜的麦田土壤中都带有禾谷镰刀菌，接种体密度为每克土壤 58—2800 个（表土 5cm 深处）。麦田土壤中还含有大量细小植物残渣，其带菌率达 1.5%—10%。土壤带菌直接提供玉米茎腐和小麦基腐的侵染菌源，玉米茎腐病的大发生使田间遗留大量带菌残秆，又为后作小麦穗腐提供了大量初侵染菌源。因而在冬小麦—夏玉米复种地区土壤带菌有利于禾谷镰刀菌的侵染持续和菌量积累。

（二）侵染过程 徐雍皋和内藤秀树（1989）证实小麦赤霉病菌以菌丝直接侵入花药表皮和颖片，也可通过花药的自然裂口侵入。花药首先被侵染。孢子萌发产生菌丝，先在颖片外侧蔓延，经颖片缝隙进入小穗内部，接触并侵入花药。病花药产生菌丝侵入靠近的颖片内侧壁。在颖片组织内发展后进一步垂直扩展，向上扩展到芒，向下扩展危害颖片基部，使子房染病，并继续蔓延到小穗轴和穗轴。由于颖片的阻隔作用，病害在小穗内的横向扩展较垂直扩展缓慢。

麦穗发病后形成并释放分生孢子，引起再侵染，但由于寄主易感时期在开花期前后，除非品种间成熟期差异悬殊，分生孢子的再侵染作用甚小。赤霉病菌主要以子囊孢子持续进行初侵染。

麦收后部分病残体遗留土壤，土壤带菌引起玉米、水稻等秋作物基腐，产生气传接种体，侵染穗部引起穗腐。秋作物收获后，土壤内病残体补充了土内菌量，继而引起下一季小麦根腐和基腐。遗留土表的病残体产生孢囊孢子成为翌春穗腐的侵染菌源。以上是冬麦区禾谷镰刀菌周年病害循环的主要过程。

（三）流行条件 赤霉病流行程度受品种抗病性、生育期、菌源数量、气象条件和栽培措施等多种因素影响，其中气象因素、菌量和麦类生育期的配合最重要。

1. 品种抗病性 大面积种植感病品种是赤霉病流行的基本前提。麦株感病性随抽穗后的发育阶段不同有明显变化，花后 5d 之前为易感时期（表 2—1）。

表 2—1 接菌时期对小麦品种 77（2）春赤霉病病情的影响

（商鸿生等，1989）

接菌时期	病穗率（%）	病小穗率（%）	病粒率（%）
齐穗期	64.7	21.6	22.5
开花期	91.7	64.1	62.8
花后 5d	70.7	18.8	22.8
花后 10d	17.3	2.3	1.7
花后 15d	3.7	0.6	0.6
花后 20d	1.3	0.2	0.2

2. 菌源 在南方稻麦复种区，关于菌源作用的估计不一致。徐润成、陈洁明（1964）指出，稻桩上子囊壳始见的早迟与流行无关。程功润等（1960）认为稻桩带菌率 10% 以上才达流行菌量。但是另有很多研究表明，菌量不是主要流行因素。在东北春麦区北部，菌量亦非流行限制因素。

在黄淮流域夏玉米—冬小麦复种区，赤霉病常发区接种体数量多，菌量不是流行主导因素，但在偶发区和不发生区菌源数量少，接种体数量对流行有较大限制作用。表 2—2 列

出了陕西关中的调查资料。

表 2—2 关中各农业生态区域玉米残秆传带小麦赤霉病菌的基本情况

(商鸿生等, 1987)

农业生态区域	麦田玉米残秆基数 (个/hm ²)	室内测定玉米残 秆带菌率 (%)	田间产生子囊壳 的残秆百分率 (%)
1. 渭河平川灌区	5076	51.7	48.8
2. 秦岭北麓山前平原	6493.5	50.4	39.7
3. 黄土高原灌区	1723.5	40.3	18.8
4. 黄土高原旱地	3030	40.9	3.8

注: 1、2 为常发区, 3 为偶发区, 4 为不发生区。

3. 气象因素 流行关键时期的气象条件是影响大范围发病的主导因素。长江中下游地区, 发病程度与 4 月下旬至 5 月上旬的降雨日数和相对湿度等要素呈正相关, 特别是 5 月上中旬 (小麦开花至灌浆初期) 的降雨日数是流行的决定因素。在东北春麦区北部发病程度与 7 月份的相对湿度、雨日数和雨量、日照时数等呈正相关。在关中灌区 5 月份降雨情况是决定当年流行程度的主导因素。

气象要素对流行有多方面的影响, 前期主要影响基物上病菌接种体的产生, 后期主要影响病菌侵入、扩展和发病。病菌子囊阶段发育与温、湿度和光照的关系参见表 2—3, 子囊孢子萌发侵入寄主的最低气温为 15℃, 相对湿度不能低于 72%, 有水滴时最适于入侵。

表 2—3 小麦赤霉病菌子囊世代发育与温、湿度和光照的关系

(根据叶华智, 1980)

发育进程	温 度	湿 度	光 照
子囊壳形成	5—35℃, 以 25—30℃最 适	基物湿润或在饱和湿度下	需光照, 散射光有利
子囊和子囊孢子产生	13—30℃, 以 25—28℃最 适	基物湿润或在饱和湿度下	不是限制因素
子囊孢子释放	不是限制因素, 低温延迟 释放	有水滴或空气湿度达 95%以上	不受影响
子囊孢子萌发	4—35℃, 以 25—30℃最 适	有水滴, 或空气湿度达 81%—100%	不受影响

4. 土壤和栽培条件 地势低洼, 排水不良, 经常积水的麦田发病重, 地势高燥, 土质疏松, 排水通畅的麦田发病轻。凡有助于降低田间湿度和增强植株抗病性的栽培措施都能减少发病。

四、麦类作物对赤霉病的抗病性

麦类作物对赤霉病的抗病性主要有抗侵入和抗扩展两种类型。抗侵入系指成功侵入的位点减少, 生育期相近的品种, 田间病穗率的差异表明抗侵入的程度。抗侵入特征可能与穗部形态结构与病菌侵入途径有关。小麦颖内残留的花药是赤霉菌侵入的主要部位, 颖内

花药残留量较少的品种，侵入率和发病率低。近期研究表明，除花药外，颖片的内侧壁及基部小穗缝隙内的组织也易被最先侵染，而颖片外侧壁和护颖不被侵染，这一发现为研究抗侵入机理提供了线索。

抗扩展是主要的抗病类型，表现为小花发病至整个小穗凋枯所需时间较长，病小穗较少，病害严重度较低，增长较慢。抗扩展情况与麦穗组织结构和生理生化因素有关。抗病品种穗轴维管束数目较少，表皮下厚角组织分布较多，对病菌产生的毒素敏感性也较低。

此外，麦类作物感病品种间籽粒感染率与千粒重降低率也有明显差异，这表明存在抗损失（耐病性）类型。

麦类作物抽穗后各发育阶段抗病性有明显变化。开花期最感病，此后抗病性逐渐增强。

关于抗赤霉病性与植株其它性状的关系，因试验材料和方法不同，所得结论颇不一致。有人认为株高与抗病性呈正相关。小穗稀疏，小穗与穗轴间夹角较大，开花历期较短的品种较抗病。但是，许多研究者对抗病品种人工诱变材料，等基因系以及抗、感品种杂种后代的分析证实，在遗传背景相同条件下，抗病性与株高、单株穗数、穗长、小穗密度、穗粒数以及其它农艺性状没有遗传相关。很可能许多植物学与农艺性状会影响赤霉病发生程度，与抗病性可能有一定的内在联系（吴兆苏等，1984）。

抗赤霉病性的生理、生化机制研究亦取得明显进展。Strange 等（1971，1978）发现小麦花药中含有胆碱和甜菜碱，对禾谷镰刀菌有促生作用。李学义（1987），王雅萍（1990）等人的研究表明小麦抗病性与盛花期胆碱含量呈显著负相关，与苯丙氨酸解氨酶活性亦呈负相关。超氧化物歧化酶、过氧化物酶等同工酶酶谱变化以及木质素含量等与品种抗病性也有密切关系。Miller 等（1985）发现麦类作物抗病品种中禾谷镰刀菌菌丝生长量和脱氧雪腐镰刀菌醇（DON）浓度均较低，认为对毒素的降解作用可能是品种的抗病机制。国内的研究亦表明赤霉病菌毒素增加可增强赤霉菌的早期侵染能力和在植物组织中的扩展能力。赤霉菌粗毒素和纯 DON 对小麦组织有相同的生物活性，不同品种对毒素的敏感性与其抗赤霉病性呈负相关，可用毒素筛选抗病突变细胞和鉴定品种抗病性。此外，DON 对小麦愈伤组织的诱导和分化还有类生长激素作用（王裕中等，1989；刘惕若等，1988；刘宗镇等，1991；薛应龙等，1991）。

麦类作物对赤霉病的抗病性遗传由细胞核基因控制。多数遗传研究表明抗病性是多基因控制的数量性状，国内许多研究者分别对不同抗、感品种的双列杂交配合力分析发现小麦抗赤霉病性（主要是抗扩展特性）遗传主要受加性基因效应控制，但显性效应也有一定作用，符合加—显性模型。对主要小麦抗源品种的单体分析证明其抗病基因和所在染色体不同，大多涉及多个基因。但是，也有一些研究表明抗病性受主效基因控制，小麦品种望水白有 3 对主效基因，苏麦 3 号和宁 7840 各有 2 对，扬麦 4 号有 1 对。除主效基因外，还存在若干微效修饰基因，抗扩展性是由主效基因和微效基因共同制约的较复杂的遗传性状，有关抗赤霉病性研究主要结果及其在品种改良中的应用，可进一步参阅蒋国梁（1992）的评述。

五、防 治

麦类赤霉病防治应以农业防治为基础，加速选育和利用抗病品种，及时施药，实行综