

小麦赤霉病研究

陆维忠 程顺和 王裕中 主编



科学出版社

小麦赤霉病研究

陆维忠 程顺和 王裕中 主编

科学出版社

2001

内 容 简 介

本书全面系统地介绍了小麦赤霉病研究的最新进展,内容涉及植物病理学、遗传学、育种学、细胞生物学和分子生物学等领域。全书共分4篇16章。第一篇主要阐述了小麦赤霉病的病菌种类、分布、致病机理、发生和流行规律、鉴定技术以及综合防治;第二篇介绍了国内外抗赤霉病种质资源的收集、筛选及抗源利用;第三篇论述了小麦赤霉病抗性的遗传基础、抗赤霉病基因的染色体定位和DNA分子标记定位及其生理生化机制;第四篇介绍了国内外抗小麦赤霉病育种概况与研究进展,针对抗赤性与生产性相矛盾的问题,提出对策。本书可供从事植物病理学、农学、遗传学、育种学及分子生物学等领域及相关研究领域的科研人员、院校师生和生产实践人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

小麦赤霉病研究/陆维忠,程顺和等主编.-北京:科学出版社,2001.6
ISBN 7-03-009199-X

I.小… II.①陆…②程… III.小麦-赤霉病-研究 IV.S435.121.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第05974号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

西 保 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001年6月第一次印刷 印张:15 1/2 插页:4

印数:1—1 000 字数:339 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

《小麦赤霉病研究》编辑委员会

主 编：陆维忠 程顺和 王裕中

副主编：姚金保 姚景侠 周朝飞 何中虎 安道昌

编 委（按姓氏笔画为序）：

王裕中	史建荣	朱作为	任丽娟	刘朝晖	安道昌	李浩兵
何中虎	张 旭	张 勇	张伯桥	陆维忠	陈怀谷	周朝飞
周森平	柏贵华	姚国才	姚金保	姚景侠	高德荣	程顺和

序

赤霉病是困扰我国小麦生产持续发展的重要因素之一,尤其是长江中下游冬麦区、华南冬麦区和东北东部春麦区,受害面积超过1亿亩,占全国小麦总面积的1/4。随着全球性气候变暖、耕作制度和方式的改变,小麦赤霉病呈蔓延扩展趋势。在中国正向淮河和黄河流域扩展。在美国中部、北部和加拿大南部等地区,近几年小麦赤霉病扩展迅猛。在欧洲、南美洲也呈扩展趋势。因此,小麦赤霉病已成为全世界关注的重要病害。

我国研究小麦赤霉病已有半个世纪,据不完全统计,在国内外各种刊物上发表研究论文300余篇。朱风美、梅籍芳、王焕如、夏禹田等老一辈科学家在与赤霉病的长期斗争中积累了丰富的经验。长期以来,在病原菌生物学特性,致病机理,病害鉴定技术,病害发生、发展规律及综合防治,抗源的征集、筛选和抗源利用,赤霉病抗性遗传及赤霉病抗性改良等方面,取得了举世瞩目的成就。江苏省农业科学院用品种间杂交育成的苏麦3号、宁7840等品种(系),抗赤性好而稳定,已被全世界所公认的小麦赤霉病最佳抗源之一;扬麦5号、扬麦158是目前推广面积最大的丰产、中抗赤霉病新品种;运用生物技术育成的丰产、中抗赤霉病新品种生抗1号和扬麦9号,已在江苏、湖北、安徽、上海等省市开始大面积应用。

江苏省农业科学院是我国研究小麦赤霉病最早单位之一。目前,在小麦赤霉病研究领域,已经形成了病理学、遗传学、育种学、细胞分子生物学等多学科结合的,年龄结构老、中、青结合的研究队伍。自20世纪70年代起,与墨西哥国际玉米小麦改良中心在小麦赤霉病抗性改良领域建立了长期合作关系。近年来与美国、加拿大、英国、荷兰等国的研究机构也相继建立了国际合作关系。

本书作者以数十年的工作实践为基础,吸取国内外研究成果,将二者融为一体,较为系统地介绍了小麦赤霉病研究中的进展和成就,以加强学术交流,推动小麦赤霉病研究的深入。

卢良恕 院士

中国农学会名誉会长 中国农业专家咨询团主任

二〇〇〇年十一月十日

Foreword

Fusarium head blight or wheat head scab causes severe production losses worldwide, especially in warm and humid environment. It also affects grain quality and induces toxicological problems in humans and animals. Concerns about toxin-related illness caused by fusarium have increased in recent years. Part of the reason is the increase in the incidences of fusarium in several areas of the world, namely the United States, Canada, and several European countries. Scab has plagued wheat and barley production in many areas of the United States and Canada for much of the 1990s. In USA alone, yield and quality losses on farms was estimated in at least 18 states valued over 2 billions.

Fusarium head scab is a major disease in the Yangtze Valley and northeast China and can affect more than seven million hectare of wheat. In recent years, wheat scab has spread quickly to the Yellow and Huai Valley. It is estimated that some 2.5 million tons of grain may be lost to scab in epidemic years. In China, the earliest scientific report on wheat scab appeared in late 1930s and breeding for scab resistance started in early 1940s. Much progress has been achieved after the founding of People's Republic of China in 1949. Chinese plant scientists first investigated various basic and applied aspects of scab disease. The species component, life cycle, and host range of pathology, and optimum conditions for epidemics of scab in China were clarified. The difference in aggressiveness of pathogen isolates collected from different locations in China, inheritance of scab resistance, and chromosome location of scab resistance genes in several Chinese genotypes were reported. The screening method for inoculum preparation, techniques for mass and individual inoculations, and grading scale for host response to scab were established. A large-scale screening of germplasm resources for scab resistance from nation-wide collections was organized, and a number of local and improved varieties were identified as stable resistant resource. Sumai 3 has been considered the best resistance resource internationally. Varieties with moderate resistance, but better adaptability and yield performance such as Yangmai 5 and Yangmai 158 have been successfully developed and widely grown in Yangtze Valley. Chinese scientists also adopted some additional new approaches such as mutation, somaclonal variation, and modified recurrent selection with the aid of Tai-gu dominant sterile gene, and exploitation of resistant genes from wheat related species such as *Leymus racemosus*, *Roegneria ciliaris*, and *R. kamoji*. China's leadership in breeding for scab resistance is reflected in the International Symposium on Wheat Improvement for Scab Resistance held on May 5~9, 2000 in Suzhou.

CIMMYT has been closely working with China on the genetic improvement of scab resistance in the last 15 years and a shuttle breeding program was established between CIMMYT and China. The breeding progress at CIMMYT for scab resistance has been highly de-

pendent on the use of Chinese germplasm. Chinese wheats have also been widely used in other programs with objectives for improving scab resistance throughout the world.

Wheat Scab Research, edited by Prof. Lu Weizhong and his colleagues in Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, has documented all aspects of wheat scab disease including pathology, epidemics and disease control, screening and prebreeding for scab resistance, inheritance of scab resistance, and breeding for scab resistance. I believe that Chinese experiences in scab research will provide valuable information to colleagues who work on wheat scab in other countries.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Rajaram', with a long horizontal flourish extending to the right.

S. Rajaram
Director of Wheat Program and Distinguished Scientist
CIMMYT

前 言

近年来,由于全球气候变暖和稻-麦、玉米-麦轮作及免耕技术的推广,小麦赤霉病在全世界各小麦产区呈扩展趋势。因此,小麦赤霉病研究也受到世界各国政府和科学家的关注和重视。控制小麦赤霉病的发生与发展,已成为世界性难题。

在中国,自1936年戴松恩等首次报道小麦赤霉病在江苏、安徽大发生起,中国科学家开始抗源的征集、筛选和病原的发生与流行等研究。随后,抗源的抗赤性遗传和抗赤霉病新品种的选育不断深入,“六五”、“七五”农业部组织全国十多个研究单位协作攻关。“八五”、“九五”小麦赤霉病列入国家“863”计划重大项目研究。与此同时,加强与国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)、欧美等国进行合作交流,并参与欧盟第四个框架计划的研究。迄今为止,已有半个多世纪,中国在小麦赤霉病研究领域取得了举世瞩目的成就。为加强国际间的学术交流,共同探讨世界性难题——小麦赤霉病。这是出版本书和2000年5月6~10日在中国(江苏)召开第一次小麦赤霉病抗性改良国际学术研讨会的目的所在。

参与本书编著工作的均为该领域的学科带头人和承担“863”计划和欧盟计划的研究骨干,在编著过程中,参阅了大量的国内外文献,将自己的研究实践融为一体,以求提高本书质量。

由于本人的能力与水平有限,书中难免有不妥和错误之处,望同行和读者给予指正。

1998年8月,当我提出上述二个动议时,除得到程顺和、王裕中、姚景侠、姚金保等合作者的大力支持外,还得到“863”计划专家组和欧盟计划的合作伙伴以及在外中国留学生的关心和支持。尤其是墨西哥国际玉米小麦改良中心(CIMMYT)小麦项目主作 Dr. Rajaram和中国代理何中虎教授的支持,并给予部分出版经费的资助。在此,对所有关心我们编著工作的同行和领导衷心感谢。特别要感谢中国工程院原副院长、著名小麦专家卢良恕院士,在工作繁忙中为本书作序。

陆维忠

“863”计划“抗小麦赤霉病生物技术育种”项目负责人
欧盟第四个框架计划“小麦赤霉病系统中抗赤性和
致病性的基因作图和遗传研究”项目中方协调人

目 录

序

Foreword

前 言

第一篇 小麦赤霉病的病原与发生规律及防治

第一章 小麦赤霉病的致病菌	(3)
1.1 致病菌的种类与分布	(3)
1.2 小麦赤霉病菌的致病性与变异	(5)
1.2.1 病原菌的致病力	(5)
1.2.2 病原菌的变异	(6)
1.3 病原菌的致病机制	(7)
1.3.1 小麦赤霉病菌毒素与致病性	(7)
1.3.2 与致病性有关的其他生化物质	(12)
第二章 小麦赤霉病的发生与流行规律	(14)
2.1 赤霉病菌的来源、发生和传播	(14)
2.1.1 病原菌的来源	(14)
2.1.2 病原菌的越冬与越夏	(15)
2.1.3 子囊壳的发育进程与条件	(15)
2.2 赤霉病的侵染过程及发病因素	(16)
2.2.1 麦株生育期及品种的感病程度	(17)
2.2.2 菌源量	(18)
2.2.3 气候条件	(18)
2.2.4 栽培因素	(19)
2.3 赤霉病的流行条件及流行预测	(19)
2.3.1 病害发展过程	(19)
2.3.2 病害流行类型	(19)
2.3.3 病害流行预测	(20)
第三章 小麦抗赤霉病性的鉴定技术	(24)
3.1 接种菌源	(25)
3.1.1 菌株的选择	(25)
3.1.2 接种体的形态	(26)
3.2 接种方法与抗病性评价标准	(26)
3.2.1 田间鉴定	(27)
3.2.2 室内鉴定	(32)

✓ 第四章 小麦赤霉病的综合治理	(35)
4.1 品种抗病性的利用	(35)
4.2 农业生态控病	(36)
4.2.1 耕翻灭茬或清除作物残体	(36)
4.2.2 开沟排水,控制田间湿度	(36)
4.3 化学防治	(36)
4.3.1 有效药剂及其剂型	(36)
4.3.2 防治适期和防治次数	(37)
4.3.3 防治技术	(37)
4.3.4 防治有效剂量	(38)

第二篇 小麦赤霉病的抗源筛选与创新

第五章 小麦赤霉病抗源的鉴定与筛选	(45)
5.1 国内外小麦赤霉病抗性鉴定与抗源筛选	(45)
5.1.1 早期(1970 年以前)抗性鉴定和筛选	(45)
5.1.2 近期(1970 年以后)抗性鉴定和筛选	(47)
5.2 主要抗源评价、介绍	(49)
5.2.1 抗性稳定的农家品种	(49)
5.2.2 国外引进抗源	(52)
5.2.3 抗性稳定的改良抗源	(53)
5.3 抗源类型及特性	(57)
5.3.1 抗源的类型	(58)
5.3.2 抗源的基本特征	(58)
5.4 小麦近缘种属的抗性鉴定和筛选	(60)
5.4.1 小麦属内亲缘物种的抗病性鉴定与筛选	(60)
5.4.2 小麦其他属近缘物种抗病鉴定与筛选	(62)
第六章 小麦赤霉病抗源的创新	(64)
6.1 通过传统方法获得新抗源	(64)
6.1.1 利用自然突变、辐射和化学诱变创造的赤霉病抗源	(64)
6.1.2 品种间杂交创造新抗源和超亲遗传现象	(65)
6.2 利用太谷核不育基因创造小麦赤霉病新抗源	(67)
6.3 异源抗赤霉病基因的导入与抗源创新	(69)
第七章 存在问题和对策	(72)
7.1 存在的问题	(72)
7.1.1 抗源单一,抗性遗传基础狭窄	(72)
7.1.2 抗性鉴定结果的不稳定性	(74)
7.1.3 创新效果不佳	(74)
7.2 对策和展望	(74)
7.2.1 建立一套行之有效的抗性鉴定方法或程序	(74)

7.2.2	常规和生物技术结合进行抗源的创新	(75)
7.2.3	小麦抗赤霉病抗源的综合利用	(75)
7.2.4	展望	(76)

第三篇 小麦赤霉病抗性的遗传研究

第八章	小麦赤霉病抗性的遗传基础	(85)
8.1	抗赤霉病性的细胞核效应	(85)
8.2	抗赤霉病性的遗传方式	(86)
8.2.1	F_1 抗赤霉病性的遗传特点	(86)
8.2.2	F_2 代抗赤霉病性的分离特点及遗传度	(90)
8.2.3	小麦抗赤霉病性的基因数目	(95)
8.3	抗赤霉病性的基因效应及配合力	(99)
8.3.1	抗赤霉病性的基因效应	(99)
8.3.2	配合力分析	(101)
8.4	抗赤霉病性渊源初探	(106)
8.5	抗赤霉病性与农艺性状的相关性	(108)
8.5.1	抗赤霉病性与抽穗、开花期	(108)
8.5.2	抗赤霉病性与株高、穗长、小穗密度的关系	(108)
8.5.3	抗赤霉病性与产量性状	(114)
8.5.4	抗赤霉病性与其他一些性状的关系	(115)
第九章	小麦抗赤霉病基因的染色体定位	(117)
9.1	单体分析法	(117)
9.1.1	U-136.1 抗赤霉病基因的染色体定位	(117)
9.1.2	苏麦3号抗赤霉病基因的染色体定位	(117)
9.1.3	望水白抗赤霉病基因的染色体定位	(117)
9.1.4	温州红和尚抗赤霉病基因的染色体定位	(118)
9.1.5	平湖剑子麦、洪湖大太宝、延岗坊主和万年2号抗赤霉病基因的染色体定位	(118)
9.2	代换系分析法	(120)
第十章	小麦赤霉病抗性的分子标记	(123)
10.1	分子标记技术	(123)
10.1.1	分子标记的类型	(123)
10.1.2	分子标记及分子连锁图谱的构建	(125)
10.1.3	QTL 作图及基因定位	(128)
10.2	小麦赤霉病抗性基因的分子标记	(129)
10.3	几个小麦赤霉病抗源的遗传图谱	(131)
10.4	小麦赤霉病抗性基因的分子定位	(134)
第十一章	小麦赤霉病抗性的生理生化机制	(136)
11.1	抗赤霉病性与开花习性	(136)

11.2 抗赤霉病性与花药内含物·····	(137)
11.2.1 抗赤霉病性与胆碱·····	(137)
11.2.2 抗赤霉病性与花粉内含物·····	(139)
11.3 抗赤霉病性与酶活性·····	(139)
11.3.1 抗赤霉病性与苯丙氨酸解氨酶·····	(139)
11.3.2 抗赤霉病性与超氧化物歧化酶·····	(142)
11.3.3 抗赤霉病性与过氧化物酶·····	(144)
11.3.4 抗赤霉病性与酯酶·····	(146)
11.3.5 抗赤霉病性与过氧化氢酶·····	(146)
11.3.6 抗赤霉病性与抗坏血酸、抗坏血酸过氧化物酶抗坏血酸氧化酶·····	(147)
11.3.7 抗赤霉病性与多酚氧化酶·····	(149)
11.4 抗赤霉病性与次生代谢物质·····	(149)
11.4.1 抗赤霉病性与毒素·····	(149)
11.4.2 抗赤霉病性与木质素·····	(159)
11.4.3 抗赤霉病性与黄酮·····	(160)
11.4.4 抗赤霉病性与酚类化合物·····	(161)
11.5 抗赤霉病性与蛋白质·····	(163)
11.5.1 抗赤霉病性与可溶性蛋白·····	(163)
11.5.2 抗赤霉病性与糖蛋白·····	(163)
11.6 抗赤霉病性与麦胚凝集素·····	(164)

第四篇 小麦抗赤霉病育种

第十二章 传统的抗赤霉病育种·····	(173)
12.1 国外早期的抗赤霉病育种·····	(173)
12.2 系统选择育种(自然变异选择育种)·····	(174)
12.3 诱变育种·····	(174)
12.4 杂交育种·····	(175)
12.4.1 亲本选配原则·····	(175)
12.4.2 抗赤霉病育种的成功实例·····	(176)
12.4.3 杂交后代选择·····	(179)
第十三章 小麦抗赤霉病育种中的难题与对策·····	(181)
13.1 影响抗小麦赤霉病育种的重要因素·····	(181)
13.1.1 病原菌的特殊性·····	(181)
13.1.2 遗传基础的复杂性·····	(182)
13.1.3 种质资源的局限性·····	(182)
13.1.4 抗性鉴定方法的多样性·····	(183)
13.2 大面积丰产中抗赤霉病品种的育成与应用·····	(183)
13.3 抗赤霉病育种的两条主要技术路线·····	(185)
第十四章 轮回选择及其在小麦抗霉病育种中的应用·····	(189)

14.1	轮回选择的基本原理	(189)
14.2	轮回选择的基本环节	(190)
14.2.1	原始群体构建——轮回选择的基础	(190)
14.2.2	互交	(191)
14.2.3	选择	(191)
14.2.4	确定群体规模	(192)
14.3	轮回选择在抗赤霉病育种中的应用	(192)
14.3.1	轮回选择的一般程序和方法	(192)
14.3.2	抗赤霉病轮回选择的几个例子	(193)
14.3.3	轮回选择群体改良的效果	(196)
14.3.4	轮回选择在小麦抗赤霉病育种上的进展	(198)
(乙) 第十五章	生物技术在小麦抗赤霉病育种中的应用	(199)
15.1	体细胞无性系变异	(199)
15.1.1	无性系变异的发生	(199)
15.1.2	无性系变异的特点	(200)
15.1.3	影响无性系变异频率的因素	(203)
15.1.4	无性系变异的遗传基础	(204)
15.1.5	抗耐赤霉病菌毒素(DON)细胞突变体的筛选	(206)
15.1.6	无性系变异在小麦抗赤霉病育种中的应用前景	(206)
15.2	双单倍体育种	(206)
15.2.1	小麦单倍体诱导技术	(207)
15.2.2	单倍体加倍技术	(209)
15.2.3	单倍体育种在小麦抗赤霉病改良中的应用前景	(210)
15.3	转基因技术	(211)
15.3.1	成功的小麦转基因方法	(212)
15.3.2	目前可用于小麦抗赤霉病转基因研究的基因	(213)
15.3.3	现状与展望	(215)
(乙) 第十六章	抗赤霉病育种的展望	(217)
	Synopsis	(223)
	Contents	(225)
	图 版	
	作者介绍	

第一篇

小麦赤霉病的病原与发生规律及防治

赤霉病是温暖多雨和气候湿润地区小麦和大麦的重要病害,流行地带很广。我国小麦赤霉病的发生面积,据农业部植保总站 1991 年的统计,已超过 300 万公顷。长江中下游冬麦区和东北春麦区是赤霉病的主要发生地区(图版 I)。特别在长江下游,河网交错、春雨较多、赤霉病流行频率高,流行程度重,严重影响小麦和大麦的产量与质量。在大流行年的病穗率达 50%~100%,减产 10%~40%,中度流行年的病穗率在 30%~50%,减产 5%~15%。在多数病害流行年份,主要是小麦受害严重。但在个别年份,雨水来得早,且前期气温较高,大麦也严重受害。

感染赤霉病的麦穗,受害程度轻重不一。有些只是一两个小穗发病,有些则是大部分小穗甚至全穗受害。但不论病穗率高低,都是轻病穗所占的比例大,重病穗所占的比例小,而病穗的产量损失程度则随病害严重程度的增高而加重。原中国农科院江苏分院在病害大流行年份对 12 个小麦品种进行了产量损失测定(夏禹甸,1965),大多数品种的减产率对病穗率的比值都接近于全部品种的平均值(损失系数),即在 0.40 左右,而据中度流行年份的测定,损失系数略低,在 0.2~0.3 之间。

赤霉病除造成产量损失外,还影响种子质量及人、畜健康。病种子的发芽出苗率低,尤其在播种迟、气温低、出苗缓慢时,出苗率更差。病麦因病菌毒素脱氧雪腐镰刀菌烯醇(deoxynivalenol, DON)等的污染,作粮食或饲料用,能引起人畜发生呕吐、腹痛、头昏等急性中毒现象。为此,我国科学家自 1936 年安徽宣城小麦赤霉病大流行后,特别是 20 世纪 50 年代以来,先后对小麦赤霉病的病原与致病性、病害发生规律与防治技术、抗病种质资源筛选、创造与利用以及抗赤霉病品种的选育、遗传及应用等都做了大量的研究。本篇着重介绍我国在小麦赤霉病的病原、发生规律与综合防治技术方面的研究进展。

第一章

小麦赤霉病的致病菌

1.1 致病菌的种类与分布

小麦赤霉病是由玉蜀黍赤霉[*Gibberrella zeae* (Schw.) Petch]引起的病害。小麦整个生长阶段都可受该菌的侵染,引起种腐、苗腐、茎腐和穗腐,以穗腐的危害损失最大(图版Ⅱ~Ⅳ)。玉蜀黍赤霉的无性阶段为禾谷镰刀菌(*Fusarium graminearum* Schwabe)。根据国内外文献报道,能够引起小麦穗腐赤霉的镰刀菌除禾谷镰刀菌外,还有 20 多个镰刀菌种或变种。

Johnson 等(1920)和 Dickson 等(1921)报道,在美国发现小麦赤霉病的病原菌有 98% 以上为硕宾赤霉[*Gibberrella saubinetii* (Mont) Sacc],后来改为玉蜀黍赤霉。其余为黄色镰刀菌[*Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc]、燕麦镰刀菌[*Fusarium avenaceum* (Fr.) Sacc.]及其他镰刀菌。Gordon(1944)用了 6 年时间,从 3094 个小麦、大麦和燕麦种子样品上,分离到 16 个镰刀菌种或变种,其中仍以禾谷、黄色、燕麦三种镰刀菌为主要镰刀菌种,它们广泛分布于美国、法国、原苏联、荷兰、德国、奥地利、挪威和瑞典。

我国许多科学工作者自 20 世纪 50 年代以来,对小麦赤霉病的致病菌也作了大量的研究与鉴定。俞大绂(1955)从长江流域的小麦种子上分离获得禾谷镰刀菌、黄色镰刀菌、串珠镰刀菌(*Fusarium moniliforme*)和燕麦镰刀菌 4 个种。20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期,我国的苏、浙、皖、沪、川、贵、湘、鄂、赣、闽、陕、宁、青、黑等约 22 个省、市或自治区相继研究了各地小麦赤霉病菌的种类,最终从收集的病穗或种子上分离获得总数约 6300 多份菌株样本中,鉴定出 27 个镰刀菌种或变种(表 1.1),它们分别是禾谷镰刀菌、黄色镰刀菌、燕麦镰刀菌、燕麦镰刀菌谷类变种[*F. avenaceum* var. *graminum* (Corda) Sacc.]、燕麦镰刀菌草状变种[*F. avenaceum* var. *herbarum* (Corda) Sacc.]、串珠镰刀菌[*F. moniliforme* Sheld. emend. Snyder et Hansen]、串珠镰刀菌胶孢变种(*F. moniliforme* var. *subglutinans* Wr. et Rg.)、木贼镰刀菌(*F. equiseti* (Corda) Sacc.)、木贼镰刀菌紧密变种(*F. equiseti* var. *compactum*)、木贼镰刀菌长脚变种(*F. equiseti* var. *longipes*)、雪腐镰刀菌[*F. nivale* (Fr.) Ces.]、雪腐镰刀菌大孢变种[*F. nivale* (Fr.) Ces. var. *majus* Wollenweber]、尖孢镰刀菌(*F. oxysporium*)、尖孢镰刀菌芬芳变种[*F. oxysporium* var. *redolens* (Wr.) N. Comb.]、锐顶镰刀菌(*F. acuminatum* Ell. et Ev.)、砖红镰刀菌(*F. lateritium* Ness emend. Snyder et Hansen)、三线镰刀菌[*F. tricinctum* (Corda) Sacc.]、半裸镰刀菌(*F. semitectum* Berk. et Rav.)、半裸镰刀菌大孢变种[*F. semitectum* Berk. et Rav. var. *majus* Wollenweber]、镰状镰刀菌[*F. fusarioides* (Frag. et Cif.) Booth]、弯角镰刀菌(*F. camptoceras* Wr. et Rg.)、茄病镰刀菌[*F. solani* (App. et Wr.) Wr. emend. Snyder et Hansen]、拟枝孢镰刀菌(*F. sporotrichioides* Sherb.)、拟枝孢镰刀菌厚膜孢

表 1.1 中国小麦赤霉病菌的种类与分布

Table 1.1 Type and distribution of *Fusarium* sp. causing wheat scab in China

镰刀菌种及其变种 <i>Fusarium</i> sp.	分布(省、市、自治区) Distribution
禾谷镰刀菌 <i>Fusarium graminearum</i> Schw	四川、贵州、福建、湖南、浙江、上海、江苏、安徽、陕西、宁夏、吉林、黑龙江、广东、云南、湖北、江西、河南、青海、西藏、北京、山东、甘肃
黄色镰刀菌 <i>F. culmorum</i> (W. G. Smith) Sacc	四川、贵州、安徽、江苏、宁夏、云南、江西
燕麦镰刀菌 <i>F. avenaceum</i> (Corda ex Fr.) Sacc	贵州、湖南、安徽、浙江、江苏、上海、黑龙江、陕西、宁夏
燕麦镰孢谷类变种 <i>F. avenaceum</i> var. <i>graminum</i> (Corda) Sacc.	江苏、上海
燕麦镰刀菌草状变种 <i>F. avenaceum</i> (Fr.) Sacc. var. <i>herbarum</i> (Corda) Sacc	上海、福建、云南、四川、湖北、陕西、河南、青海、吉林、黑龙江、西藏
拟枝孢镰刀菌 <i>F. sporotrichioides</i> Sherb	江苏、福建
拟枝孢镰刀菌厚膜孢变种 <i>F. sporotrichioides</i> var. <i>chlamydosporum</i>	浙江
拟直孢镰刀菌 <i>F. arthrosporioides</i> Sherb.	江苏
半裸镰刀菌 <i>F. semitectum</i> Berk. et Rav.	浙江、江苏、上海、宁夏、云南、江西
半裸孢镰刀菌大孢变种 <i>F. semitectum</i> Berk. et Rav var. <i>majus</i> Wollenber	江苏、宁夏
木贼镰刀菌 <i>F. equiseti</i> (Corda) Sacc	贵州、浙江、江苏、宁夏、江西、上海
木贼镰刀菌紧密变种 <i>F. equiseti</i> var. <i>compactum</i>	贵州
木贼镰刀菌长脚变种 <i>F. equiseti</i> var. <i>longipes</i>	四川、安徽
锐顶镰刀菌 <i>F. acuminatum</i> Ell. et Ev.	湖南、浙江、上海、四川、陕西
接骨木镰刀菌 <i>F. sambucinum</i> Fuck.	浙江、广东、云南、湖北、江西、吉林、黑龙江、西藏
砖红镰刀菌 <i>F. lateritium</i> Ness	浙江
串珠镰刀菌 <i>F. moniliforme</i> Sheldon	西藏、四川、云南、贵州、湖南、湖北、江西、安徽、江苏、浙江、广东、上海、福建、吉林、黑龙江
尖孢镰刀菌 <i>F. oxysporum</i> Schlechtendahl	贵州、湖南、浙江、江苏、上海
串珠镰孢胶孢变种 <i>F. moniliforme</i> var. <i>subglutinans</i> Wr. et Rg.	江苏
尖孢镰刀菌芬芳变种 <i>F. oxysporum</i> var. <i>radolens</i> (Wr.) N. Comb	浙江
茄病镰刀菌 <i>F. sonali</i> (App. et Wr.) Wr. emend. Snyder. et Hansen	江苏、上海、宁夏
雪腐镰刀菌 <i>F. nivale</i> (Fr.) Ces	贵州、浙江、上海、福建、宁夏、江苏、江西、安徽
雪腐镰刀菌大孢变种 <i>F. nivale</i> (Fr.) Ces. var. <i>majus</i> Wollenweber	宁夏
三线镰刀菌 <i>F. tricinctum</i> (Corda) Sacc	浙江、贵州、江西
镰状镰刀菌 <i>F. fusarioides</i> (Frag. et Cif.) Booth	浙江
弯角镰刀菌 <i>F. camptoceras</i> Wr. et Rg.	江苏、福建、安徽
同色镰刀菌 <i>F. concolor</i> Rg.	福建、云南、上海、河南
硫色镰刀菌 <i>F. sulphureum</i> Schecht Sacc.	上海、福建、四川、湖北、浙江、吉林、安徽