

小麦赤霉病

防治理论与研究与实践



江苏科学技术出版社

S435.121
2802 徐雍皋 陈利锋 编著

S435.121
2802

防治理论与实践

江苏科学技术出版社

(苏)新登字第002号

小麦赤霉病防治理论与实践

徐雍皋 陈利锋 编著

出版发行：江苏科学技术出版社

经 销：江苏省新华书店

印 刷：镇江前进印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张7 插页2 字数152,000

1993年2月第1版 1993年2月第1次印刷

印数1—1,500册

ISBN 7—5345—1489—4

S·224

定价：3.50元

责任编辑 王达政

我社图书如有印装质量问题，可随时间承印厂调换。

前 言

小麦赤霉病是麦类作物上一种流行性病害,世界各产麦区均有发生,尤以湿润或半湿润地区危害更为严重。我国各小麦栽培区也都有分布,但主要发生在长江中下游冬麦区和东北春麦区。近年来,由于耕作栽培制度的改变,发生面积不断扩大,1991年农业部植保总站统计,全国发病面积已达5000万亩。小麦赤霉病的危害,不但降低产量,且病麦含有毒素,人畜误食,常发生中毒事故,因此小麦赤霉病的防治研究,一直受到各级政府的普遍重视和关注。50年代以来,全国各地,尤其在江苏省,对小麦赤霉病的发生流行规律作了广泛的研究,又经过70~80年代的防治攻关研究,历时40年的过程中,各地科技工作者积累了丰富的资料,解决了生产中的许多问题,在理论基础研究及防治实践上都获得很多成果。为了把40年来小麦赤霉病研究和防治工作的经验汇集起来,把发表在各类书刊杂志上的重要资料综合起来,结合

作者多年来的工作实践,编著了本书,以期
为读者全面认识小麦赤霉病的问题提供方便,
对进一步控制小麦赤霉病的发生有所裨益。

本书分为11个专题阐述,第11专题为
小麦赤霉病常用研究方法,每个专题后列出
主要参考文献,以便对有关问题感兴趣的
同志作进一步探讨。所用资料以国内为主,
国外文献仅选其有关部分扼要的列述,
以反映我国的研究水平。

全书经方中达教授审阅,在此表示衷心
的感谢。鉴于作者的能力和水平所限,
综合得不够完整和全面,遗漏与谬误恐难
避免,望同行工作同志批评指正。

作 者

1992.6.

目 录

一、概 述

(一) 小麦赤霉病的发生记载	2
(二) 小麦赤霉病的研究进展	3
(三) 小麦赤霉病的防治对策	9

二、症状及危害

(一) 症状	15
(二) 危害	16

三、致病菌种类及其分类地位

(一) 从病组织分离的镰刀菌种类	23
(二) 穗腐镰刀菌的致病力测定	27
(三) 禾谷镰孢分类地位与形态鉴别特征	32
(四) 其他常见穗腐镰孢的形态特征	35

四、禾谷镰孢的生物学特性

(一) 菌丝体生长条件	43
(二) 分生孢子形成及萌芽条件	44
(三) 子囊壳和子囊孢子形成与萌芽的形态	57
(四) 禾谷镰孢的存活力	62
(五) 寄主范围	63
(六) 禾谷镰孢产生的毒素	63

五、病菌致病力分化及其变异

(一) 菌株间致病力的差异	68
---------------------	----

(二) 地区间病菌群体致病力的差异	69
(三) 菌株致病力的稳定性	72
(四) 小麦赤霉病菌的变异	73

六、侵染循环

(一) 侵染过程	83
(二) 侵染循环	88

七、流行因素及流行类型

(一) 品种的感病性和易感的生育期	93
(二) 菌源量	94
(三) 气候条件	97
(四) 流行类型	102

八、预测预报

(一) 用气候因素预测	115
(二) 用菌量或菌量-气象相结合预测	125

九、小麦品种抗病性

(一) 抗病性类型	130
(二) 抗病性鉴定	135
(三) 抗病性遗传	139
(四) 抗病性的生理生化机制	145

十、防治

(一) 抗病品种的选育和利用	156
(二) 药剂保护	164
(三) 农业防治	173

十一、小麦赤霉病的常用研究法

(一) 田间病害调查·····	177
(二) 分离和培养·····	186
(三) 生长和培养性状观察·····	191
(四) 接种技术·····	196
(五) 病菌致病力及品种抗病性测定技术·····	201

一、概 述

小麦是我国人民的主要食粮，种植面积仅次于水稻，据统计全国小麦栽培面积约 4.2 亿亩。小麦是一种适应性很强的作物，北起黑龙江省最北端的漠河县 ($53^{\circ}29'N$ ，属严寒带)，南迄海南岛 ($18^{\circ}N$ ，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，从平原到海拔 4100 米的西藏高原，均有小麦栽培。根据各栽培区的特点，区分为北方冬麦区、黄河平原冬麦区、长江中下游冬麦区、长江上游冬麦区、华南冬麦区、西藏高原冬麦区、东北春麦区、北方春麦区及西北春、冬麦区等 9 个栽培麦区。各麦区的自然条件差异很大，在小麦生育过程中，发生多种病虫害。小麦赤霉病多发生在穗期多雨、气候潮湿的地区，其中长江中下游冬麦区和东北春麦区发生最重，长江上游冬麦区和华南冬麦区也经常发生。近年来，北方冬麦区、黄河平原冬麦区、北方春麦区等局部地区，尤其是灌区也发生较重。

(一) 小麦赤霉病的发生记载

19 世纪中后期,国外已有许多发生的报道。在我国的发生记载始于 1936 年,当年长江中下游麦区普遍发生小麦赤霉病,朱凤美调查指出,安徽宣城一带推广的“金大 2905”品种严重感染,病穗率达 95%。以后,小麦赤霉病在长江中下游麦区的上海、浙江、江苏、安徽、湖北、湖南、江西等省经常发生,据苏州市农科所记载,江苏苏南地区 1951~1987 年的 37 年间,病穗率 $> 30\%$ 达 18 年,5~20% 的 19 年,流行频率很高。

刘惕若报告,1959 年东北春麦区小麦赤霉病大流行,病穗率为 20~75%,减产 20~30%,严重的达 80~90%。据统计,1959~1988 年间大流行达 6 次,平均减产 20% 以上,其中 1982 年损失粮食达 5 亿多公斤。

我国北方冬麦区、黄河平原冬麦区、北方春麦区,一般只有零星发生,没有流行成灾的记载,或仅在局部地区发生较重,如 1959 年,陕西武功附近发生较重,“134”等品种几乎绝产。1985 年北方冬麦区、黄河平原冬麦区,尤其在河南、陕西等省小麦赤霉病大流行,据报告河南省发病面积 5600 万亩,损失小麦 8.85 亿公斤,陕西关中地区发病面积 640 万亩,损失小麦 2.19 亿公斤。在北方春麦区的宁夏引黄灌区,1983 年以来,发病面积和严重度不断增加,1985 年平均病穗率达 10% 以上,至 1988 年,发病面积已占小麦面积的 70~80%,平均病穗率超过 15%,最重的达 80%。其他北方冬麦区的灌区,如陕西渭河川道平原灌区、河南洛河灌区等,小麦赤霉病的发生

也有上升趋势。

1991年农业部植保总站统计,全国小麦赤霉病发生面积已达5000万亩,是仅次于小麦条锈病的重要病害,病区也扩大至北方麦区。

(二) 小麦赤霉病的研究进展

我国小麦赤霉病的研究始于30年代,涂治(1929)首先在美国进行了病菌生理分化的研究。1936年安徽宣城小麦赤霉病大流行后,吴友三(1939)报告了小麦赤霉病的症状、病原菌形态、生活史及寄主范围、发生环境条件等。戴松恩等(1941)调查研究了41个小麦品种对赤霉病的抗病性,指出品种间存在着明显的抗病性差异。解放后,经过了50~60年代对小麦赤霉病发生流行规律的基本阐明,以及70~80年代的综合防治攻关研究时期,近年来进入了更深层次的研究。

1. 流行规律基本阐明时期 50~60年代,前华东农科所、苏州地区农科所和黑龙江八一农垦大学等对长江中下游冬麦区和东北春麦区的小麦赤霉病的发生、流行及防治等方面,都进行了许多研究,基本上阐明了两个不同麦区病害的发生流行规律。

(1) 危害性 研究了赤霉病对小麦产量的影响,提出了以病小穗数占全穗总小穗数的比例,分为4级测定损失率的方法;同时还研究了病麦粒毒素对人畜的中毒症状,病麦粒在小麦种子中的比例与中毒的关系,毒素在病麦粒中的分布等,提出了消除毒素的方法。

(2) 初次侵染来源 明确了长江中下游冬麦区的稻麦

两熟地区，春季病菌的传播来源主要是土表稻桩等残体上产生的子囊孢子。东北春麦区发现病菌还可以在麦壳上越冬，次年产生子囊孢子危害小麦。

(3) 病菌生长、发育特性 高温潮湿的土壤条件有利于子囊壳的形成，及子囊孢子的释放。提出并实践了用麦粒培养产生子囊壳、子囊孢子，及绿豆汤振荡培养产生大型分生孢子的方法。测定了病菌的寄生范围，表明除麦类作物外，还可危害水稻、棉花等作物，并可以在 125 种植物残体(基质)上形成子囊壳，其中以禾本科、豆科和菊科等植物残体上最易形成。

(4) 流行因素与预测预报 经过对许多发生流行因子的比较分析，发现小麦赤霉病的发生，除与菌源量有关外，主要与 4 月下旬至 5 月上旬(小麦抽穗至灌浆期)的降雨天数、相对湿度的大小有关，在江苏苏南地区提出了“看天、看地、看扬花”的“三看”预报方法，即稻桩带菌率达 10% 以上，小麦处于开花至乳熟初期，气温在 15℃ 以上，连续 3 天降雨。并根据上述三者结合的程度，进一步提出了太湖地区小麦赤霉病的 5 种发生流行类型(早发型、晚发型、正常型、少雨限制型、低温限制型)。

(5) 防治方法 在品种抗病性的测定及药剂防治等方面做了研究，获得一定的结果。夏禹甸等(1955)比较了自然发病和人工接种的 235 和 40 个小麦品种后，发现小麦品种对病害的抗性反应有明显差异，但未发现免疫品种。在药剂防治上，实践了种子处理、土表消毒及穗期喷药等途径和方法，证明用赛力散及升汞石灰粉进行种子处理及土表消毒，对穗期防病效果不明显，而在抽穗扬花期喷洒富民隆、二硝散等药剂保护穗子，取得较好的防治效果。另外，还证明了麦田开沟排

水,降低田间土壤湿度,有减轻病害的作用。

2. 综合防治攻关研究时期 70~80年代是小麦赤霉病防治上取得突破,进一步向深度和广度展开研究的时期。上海农科院、南京农业大学等数十个单位参加协作攻关研究,获得了显著的研究进展,其结果主要表现在:

(1) 致病菌种类 许多研究者从全国或本地区收集病穗标样,进行分离及致病菌种类的鉴定,结果指出我国从病穗上分离的镰刀菌达26个种(变种),较国外报道的为多,经致病力测定表明,禾谷镰孢是优势致病种,全国小麦赤霉病综合防治研究协作组报告禾谷镰孢占测定致病种的94.6%,但宁夏和贵州等局部地区,黄色镰孢的比例较高,分别占63%和14.5%。

(2) 禾谷镰孢的致病力及其变异 涂治(1929)在美国用禾谷镰孢等菌种对小麦、大麦及燕麦品种进行测定,第一次提出禾谷镰孢存在3个生理小种的论点。经过全国许多研究者收集的禾谷镰孢,在不同抗病性的品种上测定,表明禾谷镰孢菌株间的致病力有明显差异,可以区分为强、中等和弱3个基本致病类型,但无生理专化性。由于地区间流行频率的不同,而存在平均致病力的差异。

在病菌变异性的研究中,除了形态变异外,证明禾谷镰孢的致病力是不稳定的,同一菌株在连续多次接种间,其致病力不同。同时还证明菌株处于多代培养状态会降低致病力,相反寄生状态会提高致病力。对其变异原因也作了探索,证明有性阶段玉蜀黍赤霉为同宗配合真菌,而变异可以通过无性阶段进行。发现子囊孢子的芽管及菌丝间普遍存在融合现象,并证实子囊孢子、分生孢子的细胞均为单核,因此提出不同质的核通过融合而产生变异体的设想。

(3) 品种抗病性研究 70年代开始,全国共约鉴定2~3万个品种(材料)(不包括重复),证明小麦品种对赤霉病的抗病性没有专化抗病性,也无免疫品种,但品种间抗病性的差异极为明显,根据抗病性的强弱,可以区分为高抗、中抗和感病3个抗病性基本类型。小麦品种抗赤霉病性属于水平抗病性,存在抗侵染(入)和抗扩展两种类型,其中以抗扩展为主。在侵染性机制研究方面,明确了病菌以直接侵入为主,并首先侵染花药的机制。在小麦品种抗病性的遗传及生化机制方面,也作了较多研究,结果证明小麦品种的抗赤霉病性是由微效基因控制的数量性状遗传;抗病品种与PAL酶活性呈负相关,表明品种抗病性不经PAL途径,而另有抗病生化机制。

随着抗病性研究的深入,在抗病性鉴定技术上,取得了很大的进展,提出和实践了病圃鉴定、室内离体鉴定、利用毒素鉴定等技术,及相应的分级评价标准,为抗病性遗传、机制研究及抗病育种工作提供了科学方法。

(4) 流行、预测研究 在50~60年代基本明确病害流行规律的基础上,利用电子计算技术,进行流行因子的分析,由单因子或少数因子分析向多因子分析发展;在具体测报上,流行因子由定性走向定量化。上海、苏州等地利用历史病情资料,对气候、菌量等多因子进行相关、聚类、评判等分析,提出了流行模式及预测因子指标,如提出了空中孢子和地面稻桩带菌率及其子囊孢子成熟度的量化标准;利用湿段天气的量化指标,短期预报小尺度病害的流行;利用El Niño现象、北太平洋海温场等与赤霉病流行的相关性,提出大尺度的长、中期预报。

(5) 综合防治技术的研究 经过攻关研究,形成了以

“选育和利用抗病品种为基础，药剂防治为重点，结合农业防治”的综合防治技术。

在抗病品种的选择和利用方面，自苏州地区农科所培育出高抗品种苏麦1号、苏麦2号和苏麦3号后，全国广泛开展杂交育种工作，各地都培育出一批抗病品种和抗性材料，如扬麦4号、宁7849等，但实践证明抗赤霉病性与农艺性状间矛盾较大，培育高产又高抗的品种难度大，而中等抗性品种较易获得，因此各地主要利用高产中抗品种。

在药剂防治方面，1972年江苏农科院筛选出对赤霉病有高效的苯唑咪唑44号（多菌灵）后，药剂防治的效果提高到80%以上，成为代替富民隆的换代药剂，并且在剂型上不断改进，超微粉剂、胶悬剂及酸性多菌灵等剂型的使用，促进了低水量弥雾技术的应用，防治效果和经济效益达到历史最高水平。

3. 近期的研究状况

（1）抗病育种 70~80年代，通过杂交途径，培育了不少抗病品种和材料，但缺乏高抗赤霉病又高产的优良品种，目前在继续进行杂交育种的基础上，向着生物技术方向发展，如利用赤霉病菌毒素筛选细胞或原生质体抗性突变体；还利用禾本科中某些属的植物（如巨大冰麦草）的高抗赤霉病的特性，进行远缘杂交，以获得高抗的材料。

（2）病菌毒素及其利用 近年来，小麦赤霉病菌毒素的种类、性质、对植物的毒性作用，以及利用研究，发展迅速。王裕中（1989）报告了小麦赤霉病菌产生6种毒素，其中以脱氧雪腐镰刀菌烯醇（DON）为主要，并用黄化芽鞘测定法比较了21个品种对6种毒素及T-2毒素的敏感性，证明感病品种（如矮秆早）最敏感，抗病品种（如望水白）最不敏感。其他许多

研究者用人工培养法,提取粗毒素,或培养滤液,直接进行生物测定,都获得相似的结果,并创造了许多鉴定抗病性的方法,如黄化芽鞘测定法,胚根生长抑制法,离体麦穗致萎法等等,其中大多已在实践中应用。咪勒(Miller,1985)根据禾谷镰孢在抗病品种中有较低的生长量和较低的 DON 浓度,认为存在第三种抗性类型,提出抗病品种降解 DON 的概念,目前我国也已开展这方面的研究工作。

(3) 病害流行预测 小麦赤霉病的大尺度中、长期预报方面,研究进展迅速,赵圣菊等应用灰色系统理论,根据长江中下游麦区小麦赤霉病发病率资料,建立了一套灰色动态模型,对未来 10 年的病害流行,作出了长期预报。另外,还用赤道东太平洋海温激烈升高的 Elnino 现象,与长江中下游麦区小麦赤霉病大流行之间的相关性,提出 Elnino 现象可作为小麦赤霉病大流行的前兆性指标。汤志成等应用太平洋海面温度场中,和长江中下游麦区小麦赤霉病发生的显著相关的海区,对其海面温度进行主要成分分析处理,采用逐步回归法,通过电子计算机,建立长江中下游麦区小麦赤霉病流行的长期预报模式。

在小尺度短期预报方面,昆山气象站应用某一时段内雨天(日雨量 ≥ 0.1 毫米)的日平均气温累积值,提出湿积温概念。冯成玉等提出分段预报,以持续30个小时的“湿段天气”指标,建立了预报模型,进行短期小尺度预报。

(4) 防治药剂研究 小麦赤霉病的防治药剂,多菌灵更替有机汞剂以来,已在长江中下游等麦区使用20余年,南京农业大学测定,至今未发现抗药性菌株,因此多菌灵仍是目前我国防治小麦赤霉病的良好药剂,但必须注意病菌对多菌灵的抗性,目前已列入全国抗药性监控的药剂之一,同时也正在研

制新的替代多菌灵的防治药剂。另外,许多研究者开发出新的多菌灵剂型,如湖北农学院研制的水杨酸多菌灵,江苏的防霉宝(多菌灵盐酸盐)等,增加多菌灵在水中的可溶性,以提高防治效果。

(三) 小麦赤霉病的防治对策

小麦赤霉病是一个“气候型”病害,在小麦抽穗扬花期多雨潮湿的天气,易发生病害。由于我国各小麦栽培区的自然条件差异很大,尤其在小麦抽穗扬花期间雨湿条件各异,致使各小麦栽培区病害流行程度的差异。在同一栽培区的小麦抽穗扬花期,由于年度间雨湿条件的差异,流行程度也有差异,表现出流行频率的大小。因此要根据各小麦栽培区的气候等自然条件,划分流行区域。全国植保总站根据气候条件,将全国划分为6个病害气候分布区(图1-1)。李开林将长江中下游冬麦区的小麦赤霉病流行区划分为重流行区($26\sim 32^{\circ}\text{N}$),一般流行区($31\sim 33^{\circ}\text{N}$)和偶发区($32\sim 33^{\circ}\text{N}$ 以北)。江苏省植保站对本省的流行区域划分得更细,区分为苏南重常发区,沿江和里下河常发区以及徐淮不发或偶发区。根据不同的流行区,建立不同的防治对策。如江苏省植保站根据多年来苏南地区小麦赤霉病流行频率高的特点,提出在种植抗病品种为基础的前提下,于小麦抽穗扬花期,喷洒一次药剂,并结合根外追肥,将多菌灵与尿素、磷酸二氢钾等肥料混合喷洒,作为一项栽培技术,列入小麦增产措施中。江苏省标准局发布了“小麦赤霉病药剂防治技术条件”的地方标准,作为喷药防治的标准。对于流行频率较低的小麦栽培区,除加强对赤霉病的预测