

# 小麦 病虫害发生与监控

Xiaomai Bingchongcaohai  
Fasheng Yu Jiankong



全国农业技术推广服务中心 编

小麦病害

小麦虫害

小麦草害


小麦锈病

小麦白粉病

小麦蚜虫

小麦吸浆虫

棒头草

 中国农业出版社



## 图书在版编目 (CIP) 数据

小麦病虫草害发生与监控/全国农业技术推广服务中心  
编. —北京: 中国农业出版社, 2008. 9  
ISBN 978-7-109-12850-7

I. 小… II. 全… III. ①小麦—病虫害防治方法②小麦—  
除草 IV. S435.12 S45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 113654 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 张洪光

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 21.75

字数: 490 千字 印数: 1~1 500 册

定价: 100.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

# 编写人员

主 编 姜玉英

副主编 曾 娟

编 委 周益林 赵玖华 刘家成 李新苗 金晓华

编著者 (按姓氏笔画排列)

马占鸿 王秀英 冯小军 冯晓东 吕建平

刘 宇 刘 媛 刘延虹 刘家成 刘祥贵

杨万海 杨建国 李 晶 李 刚 李新苗

沈 丽 沈光斌 张 芳 张东霞 陈万权

陈巨莲 周益林 金晓华 项亚平 赵文新

赵玖华 姜玉英 高 军 夏 冰 徐荣钦

郭玉人 谈孝凤 曹雅忠 韩忠良 彭 红

曾 娟 谢爱婷

# 【前言】

近年来，由于栽培制度、品种布局和气候条件等方面因素的变迁，我国小麦病虫害发生与为害出现一些新的变化，对我国小麦生产安全构成较大威胁。为促进我国小麦病虫害监控技术进步，提高各级植保技术人员基础理论素质和业务水平，及时监测、准确预报和有效控制小麦病虫害，为保障小麦丰产、丰收做贡献，特组织编辑出版《小麦病虫害发生与监控》一书。

全书分为三章，小麦病害、小麦虫害和小麦杂草，分别包括 31 种（类）病害、30 种（类）虫害和 54 种杂草。主要内容包括各病虫害国内外发生分布、为害损失概况，病害症状、害虫和杂草形态特征（包括文字和图片），病虫害生物学特性、发生规律和影响因素，测报调查方法和预报技术，综合防控策略与方法等。并在附录中汇编了小麦病虫害中英文名和学名对照表。本书主要供我国植物保护工作者从事小麦病虫害监测预报和控制工作用，也可供植保专业本科生和研究生专业学习参考。

本书在吸取前人研究的丰硕成果和经验的基础上，重点介绍近年来我国小麦主要病虫害发生规律的新变化和新的监控方法与技术，旨在更广泛地吸收国内外有关的最新研究成果和有效的生产实践经验，更全面和科学地指导我国小麦病虫害监测、预报和控制工作。书中还收录了部分病虫害种类，由于其发生范围相对较小、为害程度相对较轻，近几年未引起足够的重视和研究，但因其对小麦生产的潜在威胁，希望通过阅读本书引起广大生产技术人员和科研工作者的充分关注，对其进行较为深入的观测和研究，以更好地储备技术力量，防患于未然。

本书编写人员均在科研、教学和生产一线长期或专门从事小麦病虫草害的研究和生产技术指导工作，具备理论和实践方面的丰富经验，也具有为我国小麦病虫草害监控事业做贡献的高度热情和执着追求。各位在出色地完成本职工作的前提下，认真地对本书的相关章节进行编写和审阅，如周益林研究员对白粉病、散黑穗病、腥黑穗病和秆黑粉病，赵玫华研究员对麦蚜、全蚀病，刘家成推广研究员对纹枯病、赤霉病，李新苗高级农艺师对麦茎蜂、麦穗夜蛾，金晓华推广研究员对药剂控制方法，曹雅忠研究员对部分地下害虫，马占鸿教授对锈病，陈巨莲研究员对麦蚜等，均倾注了大量的时间和精力，为本书的出版付出了辛勤的劳动！

张云慧博士和钟花硕士在文献查阅方面给予了慷慨无私的帮助，各级推广战线上的植保技术人员提供了许多珍贵的病虫草照片，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者的知识和经验有限，收集的资料尚有不足，书中难免会有不足之处，恳请读者提出宝贵意见，以便今后修正和补充。

编者

2008年2月

# [ 目 录 ]

## 前言

<b>第一章 小麦病害</b> .....	1
<b>第一节 小麦真菌病害</b> .....	1
一、小麦锈病 .....	1
二、小麦白粉病 .....	20
三、小麦纹枯病 .....	25
四、小麦赤霉病 .....	30
附：赤霉病麦减轻毒性方法 （周世明） .....	39
五、小麦全蚀病 .....	40
附：小麦全蚀病的检验方法 .....	47
六、小麦散黑穗病 .....	48
七、小麦腥黑穗病 .....	50
八、小麦秆黑粉病 .....	53
九、小麦根腐病 .....	55
十、小麦颖枯病 .....	59
十一、小麦叶枯病 .....	62
十二、小麦秆枯病 .....	65
十三、小麦霜霉病 .....	66
十四、小麦雪霉叶枯病 .....	69
十五、小麦雪腐病 .....	74
十六、小麦白秆病 .....	77
十七、小麦（类）麦角病 .....	79
十八、小麦卷曲病 .....	81
<b>第二节 小麦病毒及类菌原体         病害</b> .....	82
一、小麦黄矮病 .....	82
二、小麦丛矮病 .....	86
三、小麦土传花叶病 .....	90
四、小麦线条花叶病 .....	92
五、小麦梭条斑花叶病 .....	94
六、小麦条纹花叶病 .....	97
七、小麦条纹叶枯病 .....	98
八、小麦红矮病 .....	100
九、小麦蓝矮病 .....	105
<b>第三节 小麦线虫病害</b> .....	106
一、小麦禾谷胞囊线虫病 .....	106
二、小麦粒线虫病 .....	111
<b>第四节 小麦细菌病害</b> .....	114
一、小麦蜜穗病 .....	114
二、小麦黑颖病（细菌性条斑病） .....	115
彩版 1 .....	119
<b>第二章 小麦虫害</b> .....	133
<b>第一节 小麦刺吸性害虫</b> .....	133
一、小麦蚜虫 .....	133
二、麦双尾蚜 .....	145
三、麦蜘蛛 .....	148

四、条沙叶蝉 .....	152	五、麦秆蝇 .....	192
五、麦蚜 .....	154	六、黑麦秆蝇 .....	196
六、斑须蚜 .....	155	七、麦凹胫跳甲 .....	196
七、二星蚜 .....	156	八、麦茎谷蛾 .....	198
八、赤角盲蚜 .....	156	九、秀夜蛾 .....	199
第二节 小麦锉吸性害虫 .....	157	十、麦水蝇 .....	201
一、小麦吸浆虫 .....	157	十一、麦潜叶蝇 .....	205
二、小麦蓟马 .....	167	第五节 小麦地下害虫 .....	207
第三节 小麦食叶性害虫 .....	170	一、蛴螬 .....	207
一、黏虫 .....	170	二、金针虫 .....	213
二、麦叶蜂 .....	177	三、蝼蛄 .....	220
第四节 小麦钻蛀性害虫 .....	179	四、麦种蝇 .....	225
一、棉铃虫 .....	179	五、麦茎叶甲 .....	226
二、麦穗夜蛾 .....	184	六、麦沟牙甲 .....	227
三、麦蛾 .....	187	七、根土蜂 .....	229
四、麦茎蜂 .....	189	彩版 2 .....	233

### 第三章 小麦草害 .....

第一节 小麦单子叶杂草 .....	249	四、大巢菜 .....	265
一、棒头草 .....	249	五、苘麻 .....	266
二、短药碱茅 .....	250	六、刺儿菜 .....	267
三、狗尾草 .....	251	七、大刺儿菜 .....	268
四、看麦娘 .....	252	八、稻槎菜 .....	269
五、日本看麦娘 .....	254	九、黄花蒿 .....	270
六、芦苇 .....	255	十、苜蓿菜 .....	271
七、雀麦 .....	256	十一、蒙山葛苣 .....	272
八、节节麦 .....	257	十二、刺藜 .....	273
九、蔺草 .....	258	十三、灰绿藜 .....	274
十、野燕麦 .....	259	十四、尖头叶藜 .....	275
十一、早熟禾 .....	260	十五、碱蓬 .....	275
十二、鸭跖草 .....	261	十六、藜 .....	276
第二节 小麦双子叶杂草 .....	262	十七、小藜 .....	277
一、宝盖草 .....	262	十八、猪毛菜 .....	278
二、香薷 .....	263	十九、地肤 .....	279
三、泽漆 .....	264	二十、中亚滨藜 .....	280
		二十一、蒺藜 .....	281



二十二、卷茎蓼 .....	282	三十四、小花糖芥 .....	294
二十三、苦荞麦 .....	283	三十五、麦瓶草 .....	295
二十四、酸模叶蓼 .....	284	三十六、牛繁缕 .....	296
二十五、西伯利亚蓼 .....	285	三十七、王不留行 .....	297
二十六、猪殃殃 .....	286	三十八、阿拉伯婆婆纳 .....	298
二十七、葎草 .....	287	三十九、打碗花 .....	300
二十八、播娘蒿 .....	288	四十、田旋花 .....	301
二十九、独行菜 .....	289	四十一、麦家公 .....	302
三十、遏蓝菜 .....	290	第三节 其他杂草 .....	303
三十一、离子草 .....	291	问荆 .....	303
三十二、芥菜 .....	292	彩版 3 .....	305
三十三、葶苈 .....	293		
		附录：小麦病虫草害中、英文名和学名对照表 .....	321
		参考文献 .....	326

# 第一章

## 小麦病害

### 第一节 小麦真菌病害

#### 一、小麦锈病

小麦锈病包括条锈病、叶锈病和秆锈病，是小麦上发生范围最广、为害程度最重的一类病害。世界各地分布广泛，有小麦栽培的地区几乎都有小麦锈病的发生，并且是世界上所有主要产麦国家如美国、中国、印度、俄罗斯、加拿大、澳大利亚、巴基斯坦、法国小麦生产上最重要的病害。

3种锈病在世界各地的具体分布不完全相同。小麦条锈病主要分布在美国西部和西北部，印度西北部和北部，巴基斯坦北部和西北部，中亚的阿塞拜疆、哈萨克斯坦北部、吉尔吉斯斯坦山区。西欧、澳大利亚、新西兰以及北非和东非，南美洲安第斯山区的一些国家也发生较多。小麦叶锈病在世界上的分布最为广泛。在美洲主要以美国南部、墨西哥、加拿大和南美洲各国发生较重，亚洲以中国和巴基斯坦发生较重，欧洲以东欧和俄罗斯发生较重，在非洲以埃及的干三角洲地区的埃塞俄比亚发生较重。小麦秆锈病是美洲和大洋洲最重要的病害，在亚洲，以中国、印度的中部和南部发生最重。

3种锈病在我国的分布情况也不同。其中以小麦条锈病发生最为广泛。主要发生在西北、西南、华北和长江中下游等省、自治区。西北主要在陕西、甘肃、宁夏、青海和新疆西部冬、春麦区发生较重；西南以四川、云南、贵州、重庆和西藏冬麦区发生较重；华北以河南、山东、河北、山西和淮北冬麦区发生较重。1985年黑龙江省春麦普遍发生条锈病。实际上，小麦条锈病遍及我国各主要麦区。小麦叶锈病在我国各麦区也均有分布。过去在西南地区发生较重，近年在华北、西北和长江中下游及东北麦区也发生较重。小麦秆锈病主要发生在云、贵、川西南高山麦区、长江中下游冬麦区和东北及内蒙古东部晚熟春麦区。过去闽、粤等东部沿海曾发生较重。

小麦锈病侵染小麦后，可使小麦叶绿素被破坏和光合作用面积减少，更重要的是全株性的养分被吸收和水分的过度丧失，导致小麦正常生长发育受到影响。侵染早而重时，小麦株高、穗长、穗粒数、千粒重等都降低。在条锈病发生特早、特重情况下，病株往往抽不出穗，形成“锁口疸”，小麦产量严重受损，品质降低。流行年份，小麦条锈病可造成减产20%~30%，严重的达50%以上，甚至造成绝产。1950年、1964年、1990年和2002年我国发生小麦条锈病4次大流行，分别引起60亿kg、32亿kg、12.4亿kg和8.5亿kg的产量损失。3种锈病中以秆锈减产最多，条锈次之，叶锈最小。发病后引起的损

失还因品种抗性、气候和栽培条件而异。

## (一) 症状

小麦条锈病主要为害叶片，也可为害叶鞘、茎秆和穗部。初期，在受害部位出现褪绿斑点，以后产生鲜黄色疱状夏孢子堆，随后夏孢子堆表皮破裂，出现鲜黄色粉状物。夏孢子堆寄主表皮开裂不明显。夏孢子堆小，狭长形至长椭圆形，成株期与叶脉平行排列成行，呈虚线状，幼苗期呈多层轮状排列。后期当环境条件不适宜夏孢子发生时，夏孢子堆转化为黑色、狭长形冬孢子堆。冬孢子堆短线状，扁平，常多个融合，埋伏在表皮下，表皮不破裂。

小麦叶锈病主要为害叶片，叶鞘和茎秆上少见。夏孢子堆在叶片上散生，橘红色，孢子堆中等大小，圆形至长椭圆形。夏孢子堆只偶尔穿透叶片，一般情况下不穿透叶片，背面的夏孢子堆也较正面的小；寄主表皮开裂一圈。后期形成冬孢子堆，黑色，圆形至长椭圆形，主要产生在叶背面和叶鞘上。冬孢子堆表皮不破裂。

小麦秆锈病主要为害茎秆和叶鞘，也可为害穗部。夏孢子堆排列散乱，无规则，深褐色，孢子堆大，长椭圆形。夏孢子堆穿透叶片的能力较强，同一侵染点在正、反面都可出现孢子堆，而叶背面的孢子堆较正面的大；寄主表皮大片开裂，常呈窗口状向两侧翻卷。后期产生黑色冬孢子堆，长椭圆形至狭长形，冬孢子堆表皮破裂、卷起。

3种锈病症状可根据其夏孢子堆和冬孢子堆的形状、大小、颜色、着生部位和排列来区分。群众形容3种锈病为“条锈成行，叶锈乱，秆锈是个大红斑”，可形象地区分小麦3种锈病。

## (二) 病原

条锈病原菌为条形柄锈菌 (*Puccinia striiformis* West)，异名 *Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. et Henn.；叶锈病原菌为隐匿柄锈菌小麦专化型 (*P. recondita* Rob. ex Desm. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.)；秆锈病原菌为禾柄锈菌小麦专化型 (*P. graminis* Pers. f. sp. *tritici* Erikss. et Henn.)。3种锈菌均为专性寄生真菌，属担子菌亚门，冬孢纲，锈菌目，柄锈菌科，柄锈菌属。

条锈菌的夏孢子单胞，鲜黄色，球形或卵圆形， $32\sim 40\mu\text{m}\times 22\sim 29\mu\text{m}$ ，表面有微刺，具6~16个发芽孔，排列不规则。孢子壁无色，壁厚 $1\sim 2\mu\text{m}$ ，内含物黄色。冬孢子双胞，梭形或棍棒形， $36\sim 68\mu\text{m}\times 12\sim 20\mu\text{m}$ ，顶端扁平或斜切，褐色，向下色较浅，横隔处稍缢缩，顶端壁厚 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，柄短，有色(彩版图1-1)。

叶锈菌的夏孢子单胞，橘红色，圆形或椭圆形， $18\sim 29\mu\text{m}\times 17\sim 22\mu\text{m}$ ，表面有微刺，具6~8个散生的发芽孔，壁厚 $1.5\sim 2\mu\text{m}$ ，内含物黄色。冬孢子双胞，椭圆形或棍棒形， $30.4\sim 38.4\mu\text{m}\times 11.2\sim 16\mu\text{m}$ ，上宽下窄，顶端通常截平或倾斜，顶端壁厚 $3\sim 5\mu\text{m}$ ，侧壁厚约 $1\mu\text{m}$ (彩版图1-2)。

秆锈菌的夏孢子单胞，红褐色，卵圆形或长圆形， $21\sim 42\mu\text{m}\times 13\sim 24\mu\text{m}$ ，表面有明显棘状突起，中腰部具4个发芽孔。冬孢子双胞，椭圆形或长方棒形， $35\sim 64\mu\text{m}\times 13\sim 24\mu\text{m}$ ，上宽下窄，横隔处稍缢缩，表面光滑，顶端圆或圆锥形，顶端壁厚 $5\sim 11\mu\text{m}$ ，侧

壁厚  $1.5\mu\text{m}$ ，柄上端黄褐色，下端近无色（彩版图 1-3）。

条锈菌主要寄生在小麦上，有些小种可侵染大麦和黑麦。另外，还有多种禾草寄主，如大麦属、小麦属、山羊草属、黑麦属、鹅冠草属、冰草属、雀麦属和披碱草属等。

秆锈菌是禾谷类秆锈菌的一个变种。禾谷类秆锈菌至少有 9 个变种。它们在形态上相近，主要区别是寄主范围不同。如小麦变种寄生于小麦、大麦和其他禾本科杂草，黑麦变种（*P. graminis secalis*）寄生于黑麦、大麦和其他禾本科杂草，而燕麦变种（*P. graminis avenae*）则寄生于燕麦和以上 2 个变种不能侵染的一些禾本科杂草。

迄今为止，尚未发现条锈菌的转主寄主，即有性态。国外报道，叶锈菌锈孢子世代人工接种可发生于人参果属的小乌头（*Isopurum fumarioides*）和唐松草属的某些种（*Thalictrum* spp.）以及柴草科牛舌草属（*Anchusa*）和兰蓟属（*Echium*）上，但在自然条件作为转主寄主对小麦叶锈病的流行和病菌毒性变异的作用未见报道。我国在亚欧唐松草（*Thalictrum minus* L.）发现过锈孢子腔，但它在自然条件下对小麦叶锈病的流行和变异不起作用。国外，秆锈菌锈孢子世代发生在小檗属（*Berberis* spp.）和十大功劳属（*Mahonia* spp.）。但我国目前为止未发现秆锈病通过转主寄主完成侵染循环，仅以夏孢子世代重复发生在小麦上越冬和越夏，完成周年循环。

### （三）侵染过程

在我国 3 种锈病都是以夏孢子世代在小麦为主的麦类作物上逐代侵染完成周年循环。目前研究证明，后期的冬孢子对以后侵染循环不起作用。分析一个侵染过程即夏孢子的一个世代加以说明，这是锈病周年循环的基本环节。

在适宜的温、湿度条件下，具有活性的夏孢子经气流传播，着落到感病寄主植物上，在 2~3h 内即可萌发。秆锈和叶锈菌的夏孢子芽管沿叶表生长，遇气孔后，芽管顶端膨大而形成附着胞，黏在气孔上。附着胞下方长出侵入丝，由气孔侵入，在气孔下腔内形成泡囊，再长出侵染菌丝，在叶肉细胞间隙蔓延生长，以球形、囊状或分支状吸器伸入寄主细胞内，夺取寄主的营养。条锈菌除从气孔侵入外，还可从表皮直接侵入，而且常不形成附着胞。

侵入成功后，菌丝体在细胞间隙中分头蔓延，开始 2d 很慢，4~5d 后迅速形成一个圆形或长圆形的菌落。条锈病和叶锈病可采用叶片整体透明染色方法镜检到这些菌落。叶片整体透明染色方法按照下列步骤进行：透明→染色→褪色→镜检。即

①透明 2d，透明溶液为乳酚油：乙醇（无水或 95%）：三氯甲烷（氯仿）按体积比 3：2：1 配制，其中乳酚油配制方法是苯酚结晶（加热融化）20g，乳酸 20ml，甘油 40ml，蒸馏水 20ml，总体积 100ml。透明溶液放在烧杯或培养皿等容器均可，叶片充分浸泡于溶液中；

②染色 1.5~2d，染色液为 1% 的曲利本蓝（trypan blue）饱和水合氯醛（5g 水合氯醛加 2ml 水配制），即 1g 曲利本蓝加 99ml 饱和水合氯醛；

③褪色 1.5~2d，褪色液用饱和水合氯醛（5g 水合氯醛加 2ml 水配制）；

④镜检，叶片剪成 3cm 长，在载玻片上滴 1~2 滴甘油，放上叶段即可在显微镜下镜检。

菌丝体营养生长到一定程度后即生成孢子堆。从夏孢子萌发到下代夏孢子生成，叫做一个潜育期。在各自的适温下，叶锈潜育期 6~7d，秆锈 8~10d，条锈 10~12d。秆锈菌和叶锈菌一个菌落一般只能形成一个孢子堆，有时在先形成的孢子堆的四周，以后又生出几个小的次生孢子堆。秆锈菌和叶锈菌在麦叶组织内部只能定殖于局部，条锈菌菌落却能在寄主组织中不断扩展蔓延。当原侵入点（即菌落中心）生出第一批几个孢子堆后，菌落外缘的菌丝仍能继续向四周伸长蔓延，并陆续形成新孢子堆。在幼苗叶上，孢子堆排列呈圈状，而在成株叶片中，由于维管束组织的阻碍，菌落只能沿叶脉之间向两方蔓延，故孢子堆排列呈虚线状。当叶组织的生理状况和环境条件持续适宜时，一个侵入点（一个菌落）可以向上蔓延到叶尖，向下蔓延到叶基部到达叶鞘，一个侵入点可陆续生出孢子堆总数达 200 个以上。在幼苗叶片上，肉眼可见每天出现一圈新孢子堆，在成株叶片上每天可见病斑两端各出现一截孢子堆，长各为 2.5~3.5mm（依品种和环境而异）。因此，条锈病可依孢子堆圈数、病斑长度和截数，大致推断始见期。

每个孢子堆可持续产生孢子若干天。在感病品种正常生长条件下，估测孢子堆每日产孢数量，秆锈菌每个孢子堆每天产生 5 万个以上，持续产孢 10d 以上；叶锈菌每个孢子堆每日产孢约为 2 000 个，持续 2 周；条锈菌每个孢子堆每日产孢约为 1 800 个，持续 8~10d，而每平方厘米产孢叶面积每日可产孢 25 000 个。

环境因素对侵染的制约作用很大，而且侵染过程的不同阶段对环境因素的要求也有所不同。

在侵入前期（从孢子萌发到附着胞长出侵入丝伸入气孔），温度和湿度是主导因素。3 种锈菌的夏孢子萌发和侵入都需要液态水。湿度起直接作用的，并非空气湿度，而是叶面湿润的持续时间，简称露时。结露、有雾和降雨都能造成叶面湿润，而以结露最为有利。露时过短，夏孢子虽能萌发而不能完全侵入；露时愈长，侵入率愈高。在叶面湿润的条件下，决定侵入速度和数量的则是温度，简称露温。在最适露温下，侵入所需露时不过 8~10h，露温愈低，所需露时愈长。可见，实际决定侵入速度和数量的是露温、露时综合体。在侵入前期，夏孢子萌发不一定需要光照，强光反而对秆锈菌夏孢子有抑制萌发作用，当光照达 10 760lx 时，萌发则完全停止。

在侵入末期（从侵入丝伸出气孔到吸胞伸入寄主细胞），叶面水膜的作用便逐渐退居次要位置，只要不是急速干掉，对完全侵入就无不良影响。此时光照的作用开始上升。秆锈菌在适温下，以接种后置于黑暗中 3h，然后给以 7h 光照的麦苗，长出的孢子堆最多，接种后持续黑暗或持续光照，或先 4h 光照，然后 7h 黑暗，发病都很少。

进入潜育期后，除温度和光照上升为主导因素外，植株营养状况也开始有直接影响。潜育期要求的适温比侵入适温为高，适温下潜育期最短，距此温度愈低，潜育期愈长。潜育期长短与温度大体呈二次曲线关系或有效积温函数关系。

在潜育期中，光照愈强，日照时数愈长，潜育期愈短，产孢量也愈大。条锈菌，当光照强度大于 13 500lx，菌丝体才能正常旺盛发育，光照愈弱或日照时数愈短，发育愈慢，至光照小于 1 000lx、日照时数小于 6h，发育便完全停止，不再发病。

植株营养状况主要影响产孢量，同时也影响反应型。一般营养愈充沛，产孢量愈大，在氮、磷、钾三要素比例上，氮肥偏多往往能提高中抗品种的反应型半级到一级。

3种锈病在侵染上对环境因素的反应，其共性大体如上。不同点主要在于三者要求的温度不同，以条锈最低，叶锈居中，秆锈最高（表1-1）。

表1-1 小麦3种锈菌夏孢子萌发侵入和潜育对温度的要求

病 菌	侵入温度 (°C)			潜育适温 (°C)	适温下潜育期天数 (d)
	最低	最适	最高		
条锈菌	1	9~13	19	13~16	10~12
叶锈菌	2	15~20	32	18~22	6~7
秆锈菌	3	18~22	31	20~25	8~10

#### (四) 传播

小麦3种锈病都是典型的远程气传病害。具体传播路线依地理气候条件而定。但夏孢子气传的基本规律是一致的。

锈病夏孢子的重量极轻。以小麦条锈菌为例，3亿多个孢子才有1g重，因此，成熟后只要遇微风（风速0.36m/s或更小），就能从孢子堆中吹散到气流中。当菌量较小、风力不大情况下，夏孢子或迟或早着落或降落到附近麦株或地面上。虽然决定孢子传播距离的是风速，但决定病害传播距离的却首先是菌量，其次才是风速。这是因为当孢子数量很少时，即使能被强风吹得很远，但在空中的密度极度稀释，而落到麦叶上并得以萌发侵入引起发病的几率接近于零。

据实际观测，单片病叶传播距离不过0.2~1.33m，10张叶片的发病中心为1.2~5.2m，100~341张叶片的发病中心为9.2~25.3m，而每667m<sup>2</sup>的病叶率达0.1%的几个病田可引致几百米外的麦田发病。当孢子量和风力很大时，强大的气流可将大量孢子携带到1500~4300m的高空，吹送到几百甚至上千公里以外。

据研究，远程气传可能分为3个步骤：首先，要有上升气流或湍流把地面植被层中的孢子抬升到一、二千米以上的空中；其次，要有适当的风力把这片“孢子云”水平移动到某距离之外；第三，“孢子云”水平移动到一定地区的上空后，如遇到下沉气流，特别是遇到降雨的天气形势，孢子便被雨滴淋洗下降至地面。如果这个地面正好有感病的麦株和适合的温、湿度，便会导致侵染和发病。由此可见，锈病远程气传必须具备的条件：一是菌源基地产生了大量夏孢子；二是有适当的上升气流、水平风力和降雨等一系列天气形势的配合，以满足夏孢子上升、平移和下降的动力条件；三是孢子降落地区有感病小麦。

#### (五) 侵染循环

锈病的侵染循环可分越夏存活、秋苗传染、越冬和春季流行4个阶段。3种锈菌都是专性寄生菌，自然条件下不能腐生存活。在我国，其冬孢子又不起作用，均以夏孢子逐年循环，而夏孢子又不能长期休眠。因此，锈菌在上述4个阶段中都不能长期脱离其寄主，都是与寄主共存而度过的。由于3种锈菌对温度的适应性不同，其各自的越夏和越冬的地区和条件以及春季流行的过程也因之不同。

## 1. 条锈病

(1) 越夏 条锈菌喜凉怕热, 旬平均气温低至  $2^{\circ}\text{C}$ , 侵入后的菌丝体扩展仍可缓慢进行, 旬平均气温高于  $22^{\circ}\text{C}$ , 侵染便完全停止, 已被侵染的叶片也不能正常发病。越夏是它周年循环的关键。条锈菌夏孢子在相对湿度 40% 时,  $0^{\circ}\text{C}$  下可存活 433d,  $5^{\circ}\text{C}$  下可存活 179d,  $15^{\circ}\text{C}$  下可存活 47~89d,  $25^{\circ}\text{C}$  下不过 10d,  $36^{\circ}\text{C}$  下仅存活 2d,  $45^{\circ}\text{C}$  2min 即全部死亡。如在较高湿度, 如相对湿度 80% 时, 孢子寿命更短。温度和降雨以及菌源能否与越夏寄主衔接是影响小麦条锈菌越夏的重要因素。在寄主存在的情况下, 夏季最热一旬均温超过  $23^{\circ}\text{C}$ , 条锈菌便不能越夏。旬均温在  $22\sim 23^{\circ}\text{C}$  的地区, 可勉强越夏; 旬均温在  $20^{\circ}\text{C}$  以下的地区, 条锈菌可顺利越夏。降雨主要通过影响温度和寄主的生长情况进而影响条锈菌越夏。夏季降雨多, 可使温度降低, 越夏寄主增多, 有利病菌侵染和繁殖。因此, 条锈菌夏孢子主要在高海拔冷凉山区的自生麦苗、晚冬麦、春麦和其他越夏寄主(如黑麦和禾本科杂草等)上越夏, 在平原麦区和海拔较低的山区不能越夏。

我国条锈菌越夏菌源分布范围可划分为以下五大区:

①西北越夏区。包括甘肃的陇南、天水、平凉、庆阳、临夏和定西, 宁夏宁南山区的固原、彭阳和隆德, 青海东部麦区的循化、西宁和湟源, 主要有纯春麦越夏区、自生麦苗越夏区和晚熟春麦与自生麦越夏区几种类型。其中, 又可分为: 1) 洮、岷及陇中晚熟春麦及自生麦苗越夏区, 包括甘肃临洮、岷县、临县、渭源及定西等地, 条锈菌主要在海拔 2 300m 左右的高寒阴湿山区的晚熟春小麦上和海拔 1 600~1 900m 的河谷川地的自生麦苗上越夏。晚熟春小麦越夏面积 7.63 万~8.56 万  $\text{hm}^2$ , 自生麦苗逾 2 万  $\text{hm}^2$ 。本区内冬小麦面积小, 越夏菌源对陇南等地的自生麦苗和秋苗的传播作用比对本地区传播的意义更大。2) 渭河上游自生麦苗越夏区, 包括甘肃天水市和陇南市的天水、甘谷、武山、秦安、西和、礼县、成县的全部或部分高寒山地和陕西太白等地。条锈菌主要在海拔 1 600m 以上的山地冬小麦自生麦苗上越夏。其中以渭河上游的高山区越夏量最大, 越夏面积 4.3 万~5.0 万  $\text{hm}^2$ 。病菌可在区内低海拔地带越冬, 从而可在较小范围内完成周年侵染循环。越夏菌源除侵染当地秋苗外, 对陇东、关中、陕南及鄂西北等地有不同程度的传播影响。3) 陇东高原自生麦苗越夏区, 包括六盘山以东的甘肃平凉地区的全部、庆阳地区大部和陕西陇县等地。本区属早播冬麦区, 条锈菌在海拔 1 400~1 800m 的山塬地带自生麦苗上越夏。越夏面积约 3.9 万  $\text{hm}^2$ 。本区内 6 月下旬开始收麦, 7 月上旬基本收完; 9 月初开始秋播, 9 月中旬基本播完。秋播期要比陇南、关中等地早播 20~30d。条锈菌在早播冬麦苗上繁殖的适宜时间长, 积累的菌量大, 常形成秋苗发病基地, 向晚播冬小麦田提供侵染菌源。本区秋苗菌源向陕西关中等地传播, 无高山阻碍, 可顺势而下, 比陇南等地更为严重, 是甘、青越夏菌源向陕、晋诸省传播为害的“桥梁”地带。4) 甘、青高原晚熟春麦及自生麦苗越夏区, 包括青海东部和甘肃西部的天祝、民乐及德乌鲁农区等。条锈菌主要在海拔 2 300m 以上的晚熟春麦上越夏, 在海拔较低的自生麦苗也有少量越夏菌源。有效越夏面积 1.83 万~2.67 万  $\text{hm}^2$ 。但距冬麦区较远, 菌源传播作用次于其他越夏基地。5) 陇南南部自生麦苗及晚熟冬、春麦越夏区, 包括甘肃东南部的武都、文县、宕昌、舟曲、康县和迭部。条锈菌在海拔 1 600~2 200m 的自生麦苗和晚熟冬、春小麦上越夏。自生麦苗和晚熟冬、春小麦面积分别为 1.4 万  $\text{hm}^2$ 、0.27 万  $\text{hm}^2$  和 0.21 万  $\text{hm}^2$ 。越

夏菌源除侵染当地秋苗外,对陕南、川北及鄂西北地区影响较大。同时,对西北和西南地区的菌源交流有一定作用。6)六盘山两侧属宁夏区的固原、隆德、泾源和甘肃省的静宁、华家岭等地。本区属冬、春小麦交界区,条锈菌在海拔2 000m以上的晚熟春小麦上和8月份收割的晚熟春小麦转移到7月间收割的冬、春小麦自生麦上越夏。越夏面积0.53万~0.61万hm<sup>2</sup>。越夏菌源主要向低海拔地区的自生麦苗上传播。

②川西北越夏区。包括四川的阿坝、甘孜、凉山3个州。条锈菌主要在晚熟冬春麦和自生麦苗上越夏。主要越夏区海拔2 300~2 600m。条锈菌在四川越夏要求的温度似较北方为低。多年调查证明,7月月均温在18℃以下的地方才可能顺利越夏,并有较多的越夏菌源。

其中西北和川西北地理上相连,是我国最大、最集中的越夏区域,也是东部广大麦区秋苗感病的主要菌源基地。近几年调查证明,此地越夏面积可达20万~30万hm<sup>2</sup>,每年随夏季降雨、温度变化有所差异。

③云南越夏区。杨世诚、孙茂林等1979—1982年调查表明,昆明、玉溪、曲靖、楚雄、大理和丽江等6地均有条锈菌越夏。越夏海拔高度2 200~3 100m。主要在自生麦、秋麦、晚熟冬麦、春麦上越夏。夏季最热旬均温13.0~18.9℃和月均温13.6~18.4℃的地区都能越夏。同时,将云南省条锈菌越夏区具体可分为3个区片:1)滇中温凉山区自生麦越夏区。此区位居云南中部,包括昆明、曲靖、玉溪、楚雄等4个地州市。主要越夏基地在安宁、呈贡、富民、玉溪、通海、澄江、马龙、宣威、禄劝等9个县(市)海拔2 200~2 500m的山区。条锈病在自生麦上越夏,越夏场所分散,影响范围广,面积约0.77万hm<sup>2</sup>。2)滇西温凉山区和高海拔坝区自生麦、晚熟冬麦越夏区。此区位于云南西部的大理白族自治州,主要越夏基地是洱源、大理、巍山、宾川等4县海拔2 200~2 800m的山区和高海拔区的自生麦、秋麦和晚熟冬麦。面积约0.17万hm<sup>2</sup>,其中自生苗占72.7%,秋麦占19.1%,晚熟冬麦占8.2%。越夏场所集中,蕴菌量大,影响当地小麦条锈病流行。3)滇西北高海拔坝区自生麦、春麦越夏区。此区位于云南西北部丽江、宁蒗2个县。越夏基地主要在海拔2 390~3 100m的高海拔坝区和高寒山区。总面积约0.5万hm<sup>2</sup>,其中自生麦占97.0%,秋麦占1.2%,晚熟冬麦占0.6%,春麦占1.2%。菌量多蕴集在丽江坝区,影响当地及其毗连各县。

近几年,植保人员调查发现,云南在海拔2 200m以下区域也存在条锈菌越夏,如2007年9月上旬在玉溪市红塔区海拔2 121m、曲靖市沾益县盘江镇海拔1 946m和沾益县炎方乡海拔2 090m处查到条锈病。同时调查发现,与云南省接壤、具类似地理和气候条件的贵州省西部地区也存在越夏菌源。2005—2007年调查,该省西部毕节海拔1 600~2 020m、六盘水市1 700~2 200m和黔西南州1 600~1 900m不同海拔高度的烤烟、玉米和假酸浆(又称冰粉)田中不同生育期的自生麦上普遍可见越夏菌源。病菌在田间不同苗龄的自生麦苗上辗转侵染度过夏季。因此,云南越夏区应称为云贵越夏区更为确切。

云南宁蒗越夏区与四川省凉山州越夏区毗连,这一地带把两省越夏区连接成一片,构成西南大片越夏区。此区通过陇南南部越夏区和西北片越夏区连成一片,至此,西北片、陇南南部、四川、云南、贵州等越夏区自北向南纵贯相连,共同影响我国小麦条锈病的流行。



④新疆越夏区。主要包括在伊犁河上游的昭苏、新源、特克斯、尼勒克的晚熟冬、春小麦和自生麦苗上，喀什附近山区的乌恰、阿克陶等地的晚熟冬、春小麦上以及焉耆、轮台、新和、拜城、阿克苏及和田等地的自生麦苗上的越夏。菌源传播影响范围仅限于新疆境内。

⑤华北越夏区。包括晋北、内蒙古和河北坝上等地。内蒙古乌蒙高原菌源越夏海拔下限 1 200~1 400m，晋西北高寒山区为 1 300m 上下。面积较小，对全国及本地的作用有限。

(2) 秋苗传染 即越夏地区菌源感染当地和邻近地区的小麦秋苗引致发病。一般距越夏地区越近、冬麦播种越早，发病越早、越重；距越夏地区越远、冬麦播种越晚，发病越迟、越轻。秋苗发病以后，如当地秋雨较多或经常结露，可繁殖 2~3 代，病情有所发展，原为零星病叶、单病叶片的可发展成大小不等的发病中心；原发病较重处可能发展成病情较重、较均匀的发病基地。当旬平均气温下降至 2℃ 以后，新侵染叶片的潜育期便无限延长，病菌进入越冬阶段。

我国近年秋苗发病较重、面积较大的区域有甘肃天水、陇南、平凉、庆阳、定西临夏，宁夏彭阳、西吉、原州区、海原、泾源、隆德等地。甘肃省 1990—2007 年秋苗平均发病面积达 26.7 万  $\text{hm}^2$ ，宁夏 2000—2007 年秋苗平均发病面积为 7.7 万  $\text{hm}^2$ 。各年份发病轻重依播种早播、秋季气候和药剂拌种等情况而有所差异。以上区域秋苗从发病始持续至晚秋初冬，不断向东部关中、豫南、鄂北、川北以及华北等地传播病源，引起以上区域小麦秋苗发病。黔西和新疆一些麦区有零星发病，因云南田间几乎终年有不同生育期的小麦生长，因此，秋季同样有处于不同生育期的小麦发生条锈病。

(3) 越冬 在大部分冬麦区，冬季严寒使条锈菌停止发展。病菌主要以侵入后未显症的潜伏菌丝在麦叶组织内休眠越冬，只要该受侵染组织冬季未被冻死，条锈菌即可安全越冬。条锈菌越冬的低温界限大体为最冷月均温  $-7\sim-6^\circ\text{C}$ ，低于此温度则不能越冬，除非当时麦田有积雪覆盖，即使气温低于  $-10^\circ\text{C}$  仍能安全越冬。通常年份，华北以石德线到山西介休、陕西黄陵一线为界，以北虽能越冬而越冬率很低，以南则每年均能越冬，且越冬率较高。条锈菌越冬有以下 3 种类型：

①非越冬区。即小麦返青明显地区。入冬后此区域小麦的地上部分全部枯死，翌年重新萌发新叶。主要分布在西北、华北高纬度、高海拔地区。

②不稳定越冬区。即小麦返青不明显地区。入冬后此区域小麦虽有部分麦叶枯死，但麦田仍呈绿色。主要分布在西北、华北低纬度、低海拔地区，条锈菌能否越冬取决于冬季气候条件。

③稳定越冬区。入冬后小麦仍能正常生长，即小麦无返青期地区。主要分布在南方地区，如四川盆地、西南西北川坝区、江汉、鄂北、豫南和陕南等地。冬季温暖，麦叶基本不停止生长，加之湿度较大，条锈菌可持续逐代侵染，不存在休止越冬问题，也称为病菌冬繁区。

(4) 春季流行 在当地有越冬菌源情况下，春季病害一般先从基部叶片开始发病，随着病害发展逐步向上蔓延，最后导致植株严重发病。在田间流行过程一般经过单病叶片→发病中心→全田普发 3 个阶段。但在越冬菌量很大或冬季持续发展的情况下，则可不出