



小麦赤霉病及其防治

李克昌 編 著

上海科学技术出版社

农业病虫害防治丛书

小麦赤霉病及其防治

李克昌 編著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系綜合国内外有关小麦赤霉病的調查和研究成果編写而成。內容包括病名、史略、分布及所致的損失和影响、症状、病原菌、病害的发生发展和流行、防治方法以及小麦赤霉病的調查統計和研究方法等。

本书可供技术推广站、种子站、植保干部及有关人員参考。

农业病虫害防治丛书
小麦赤霉病及其防治
李克昌 編 著

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷六厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1156 1/32 印张 2 16/32 排版字数 66,000

1965 年 5 月第 1 版 1965 年 5 月第 1 次印刷

印数 1—6,000

統一书号 16119·530 定价(科六) 0.38 元

前 言

从 1949 年开始,由于教学工作的需要,曾编写过一些小麦赤霉病的教材;以后,结合病害的观察试验和资料的积累,对所写教材作了不断的修改和补充,篇幅、内容逐渐增加而成为现在的形式。

本书内容分为病名、史略、分布及所致的损失和影响、症状、病原菌的形态和生物学特性、寄主范围、病害的发生和发展、防治方法以及病害的调查、统计和研究方法等章节。书内除对国内的试验研究成果作了比较详细的介绍外,同时也引用了国外的有关材料。希望它对教学、研究和病害防治等方面有所帮助。

对于本书的编写和出版,复旦大学生物学系王鸣岐教授给予了热情的支持和帮助;上海师范学院有关方面也提供了有利条件。中国农业科学院江苏分院植物保护系主任朱凤美教授和夏禹甸研究员仔细地审阅了原稿,并提出了宝贵的意见。在编写过程中,承江苏省农林厅夏承壁先生惠赠参考资料;上海外贸学院金蕊珠先生提供了部分国外材料的译文,又承吴吉仁先生和杨庆堃先生协助拍摄照片,对于各位先生的热情帮助,在此谨致衷心的感谢。

由于作者水平的限制,书中必然还会有不够恰当的地方,希望读者批评、指正。

李克昌 1963 年 8 月

目 次

前言

一、病名	1
二、史略	1
三、分布及所致的损失和影响	2
四、症状	4
五、病原菌	7
六、病害的发生发展和流行	47
七、防治方法	52
八、小麦赤霉病的調查統計和研究方法	58
附录	67
引用文献	73

一、病 名

小麦感染了赤霉病以后，病穗上往往有粉紅色或橘紅色的霉状物出现，因而叫做赤霉病。此病过去也称赤曲病。

二、史 略

1822年希維尼茲 (Schweinitz) 最先在美国于玉米上发现此病，并称其病原菌为 *Sphaera zeae*，据其纪录及所藏标本与小麦上的赤霉病相同。1884年史密斯 (Smith) 在英国的小麦上发现此病，并指出它的病原菌是 *Fusarium culmorum*。其后，克契涅尔 (Kirchner, 1890) 在德国于燕麦、黑麦、大麦、小麦及玉米上，均发现有此病的发生。同年契斯特 (Chester) 报告此病在美国为害极重。俄人瓦洛宁 (Woronin) 在1890年曾有 *Gibberella zeae* 菌的报告。1891年苏洛金 (Sorokin) 在乌苏里曾观察过小麦赤霉病穗上的 *Gibberella zeae* 菌。阿塞 (Arthur) 該年在美国亦有报告发表。1909年西尔卑和曼斯 (Selby and Manns) 証明 *Gibberella zeae* 是小麦、大麦、燕麦、二粒小麦及斯卑尔脱小麦等穗枯病的病原菌。1920年艾坦納索夫 (Atanasoff) 曾对该病的病征作过比較詳細的叙述，并詳細地研究了寄主范围以及侵染循环等方面的問題。1930~1939年間，英国班奈特 (Bennett) 对此病及其病原菌曾作过一系列的研究。

我国植物病理学家涂治在1930年发表过穗枯病病原菌生理小种的研究报告。以后，仇元和夏禹甸等人亦有报告发表。

1936年和1937年安徽宣城因赤霉病的为害，小麦損失极大，“2905”品种的小麦受害尤重。在此以前，我国文献上关于此病的記載很少。

三、分布及所致的損失和影响

小麦赤霉病分布在湿润和半湿润的温带地区。欧洲、亚洲、澳洲、加拿大及美国北部都曾有小麦受害的报告。我国淮河以南及长江流域的冬麦区受害较重；东北春麦区在多雨的年份也有发生；华北及西北地区，此病则很少见。

据1936年朱凤美的调查报告，武汉一带被害约5%，长沙约20%，九江为4~22.2%，宣城受害达95%；1937年浙、皖、鄂三省的平均损失为3~4%；1938年四川省平均损失约1%。

1952年华东农林部的总结中指出：1950年苏南地区麦类赤霉病发生很普遍，小麦被害率为1~70%；1951年赤霉病为害情况较1950年更为严重，发病率增高到5~90%；苏北地区当年有10%的发病率，但由于病害发生较迟，影响不大；1951年皖南受害最重的地区，发病率达16~38%，一般为5~10%或10~20%；浙江一般在10~15%之间。

1952年赤霉病发生更为普遍和严重，淮河以南的长江南北地区，由于此病的迅速蔓延和扩展，小麦损失很大，苏南被害率达10~100%，估计其中金坛一县的损失量即达1千万斤以上；苏北发病重的地区，发病率高达85%，一般为15%；皖南、皖北地区，发病率一般为10~30%，严重的达88%；在浙江方面，据不完全的调查材料，以嘉兴专区为最重，发病率最高达70%。

据江苏省农林厅和南京农学院对小麦赤霉病(苏南部分)调查研究及防治实验检查报告(1954)，五年来(1950~1954)苏南地区赤霉病发生的情况，大致是这样的：1950年小麦赤霉病普遍发生，但不严重；1951年大麦、元麦赤霉病普遍发生；1952年小麦赤霉病大发生；1953年小麦发病轻微；1954年小麦赤霉病普遍发生，但由于发生较迟，为害程度较1952年为轻。另据报告，浙江省病害流行地区，一般减产20%左右，严重的损失5成。

据前华东农业科学研究所的报告(1959,1961),1957年苏南东部地区赤霉病发生很严重,小麦发病率一般为5~20%,严重的达80%以上;1958年赤霉病在长江两岸地区再度流行,苏南及南通地区的小麦发病率一般为20~60%,严重的达95%以上;元麦的发病率一般超过80%,估计江苏全省元麦因赤霉病减产3成以上。

此外,陕西省武功地区(1959)及东北(1960)亦均有受害报告。

麦类经赤霉病为害后,非但能够引起减产,而且对于种子的品质和种用价值也有严重的影响。带菌的麦穗在潮湿的麦垛中,或带菌的种子在湿度超过标准的仓库中,所带的菌丝和孢子,均能继续萌发和发展,并蔓延侵染导致霉烂和损失。

从种用价值来讲,不仅受病重的种子不能用来播种,即受病轻的比較饱满的种子,其播种质量也远不及健全的种子。据华东农业科学研究所1952年在南京分期播种的试验结果,轻病种子在适期播种的情况下,其出苗率比健全种子大大减少,产量也相应的减低。在播种愈迟、气温愈低、麦苗出土愈慢的情况下,所减低的比例也愈大(表1)。

表1 罹病种子对出苗及产量的影响

(华东农业科学研究所,1952)

播种日期	10月15日	11月1日	11月15日	12月1日
苗数减少%	24	51	50	65
穗数减少%	16	35	36	59
产量减少%	1	29	29	48

此外,病麦对人畜均有毒害作用。在欧洲和美洲都曾造成过中毒事件;我国浙江和江苏地区亦曾有同样事例发生。

人们吃食病麦以后,常会引起四肢无力、头昏发热及腹胀、腹泻和呕吐等中毒症状。动物当中,猪、马和狗对此种毒害非常敏感,特别是猪最易中毒;牛、羊和鸡抵抗力较强。家畜吃食病麦后,主要是发生肠胃病,引起食欲减退、腹痛和腹泻等症。据用动物实

驗証明，此种毒素不仅可造成肠出血，而且也会引起肺部和子宮膈等部出血。

关于这种病麦所含的毒素問題，根据試驗报告，病菌本身并无毒性，毒性是由于寄主受害后产生的有毒植物碱所致。此种毒素对热有高度耐力，在 15 磅压力下，加热 25 分钟，仅有少量毒素受到破坏；此种毒素既能溶解在水里，也能溶解在脂肪里；它的耐藏力也很强，病麦經過 4 年的儲藏，仍保留着原有毒性。关于病麦的毒性及处理方法問題，据初步試驗指出，用水洗、加碱及发酵等方法处理后，再用来喂猪，毒性即可有所減輕。

四、症 状

病菌能侵害寄主各部組織，在寄主生长期間都能引起病害，形成苗腐（图 1）、基腐和穗腐（图 2、3）等症。

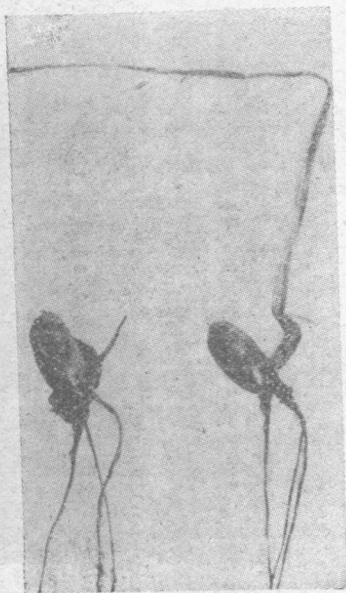


图 1 苗 腐

麦粒萌芽数日后，症状即渐显露，最初的症状出现在根鞘及芽鞘上，呈黄褐色水浸腐烂状；真根及子叶生出后，根鞘及芽鞘即渐死去，病菌即侵入真根部分的子叶內，受病部分呈黄色水浸腐烂状；如病菌仍繼續生长，常能抑制小麦侧根的发生，或侧根虽生也渐死去，土壤里的残余种粒，因有菌絲生长在上面，呈粉红色，如幼苗被害甚早，子叶就不能出土；幼苗如受病較迟，仍能繼續生长。病菌通常最易为害初生根、根鞘、芽鞘及第一子叶等部。

田間也有因种粒上帶有大量菌

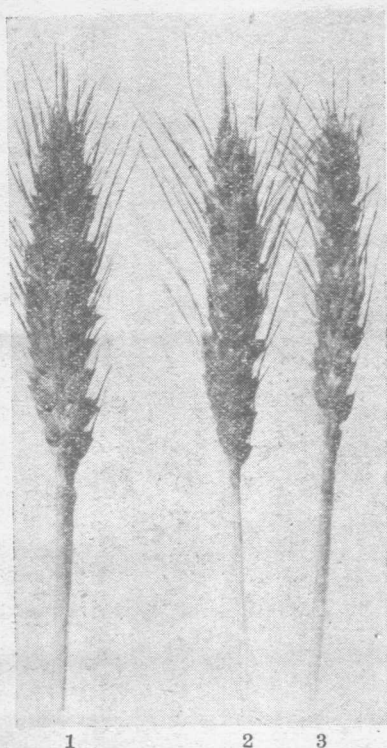


图2 小麦赤霉病穗

1.穗中部受害;2.穗上部受害;3.全穗受害



图3 病穗(放大)

絲和孢子,以致种胚受伤不能发芽即行腐烂的。

小麦播种后,除发生苗腐外,还能发生基腐。引起基腐的病原菌有多种,除赤霉病菌外,还有 *Diplodia* 及 *Helminthosporium* 等。此病多出现在早春或晚春,寄主植物的地下部分常因此菌之侵袭而引起腐烂,受害的茎頸呈褐色漸轉枯黃。此种病菌系由残余的种粒或由腐烂的初生根而来,病菌侵入茎頸后,有时即行停止,有时則繼續蔓延;如环境条件适宜,能逐渐侵入幼茎及鳞状叶等部,受害部分呈褐色,幼苗矮化細小;如环境适宜于寄主之发育,受病的幼苗仍能生长如常。

穗腐从小麦开花前到成熟前都能发生。发病盛期是在乳熟初期到糊熟期，以后进展显著减缓，到黄熟期即停止蔓延。受害的颖片初现浅褐色，呈水浸状，并逐渐扩展，由一小穗传染到另一小穗；如空气干燥，病害常受抑制，水渍色渐次消失而干枯；小穗基部穗轴被害后，因水分运输受阻，小穗渐变枯黄(图4)。在温暖潮湿的情况下，病穗上产生大量分生孢子，集结成块，呈緋紅色。此种孢

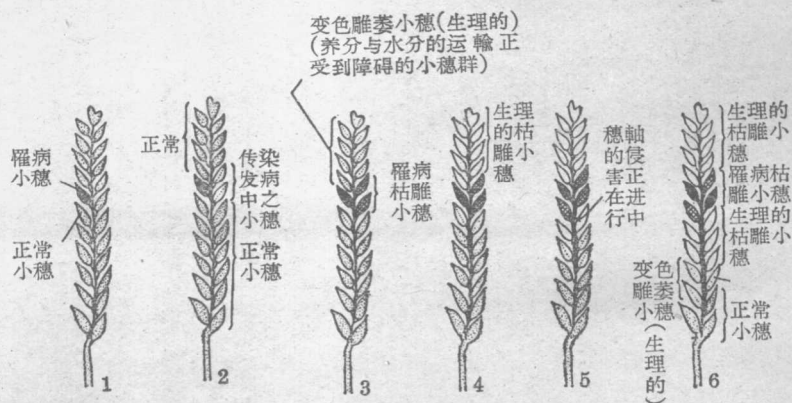


图4 赤霉病侵害穗轴部与症状的进展情况
(根据竹上静夫, 1963)

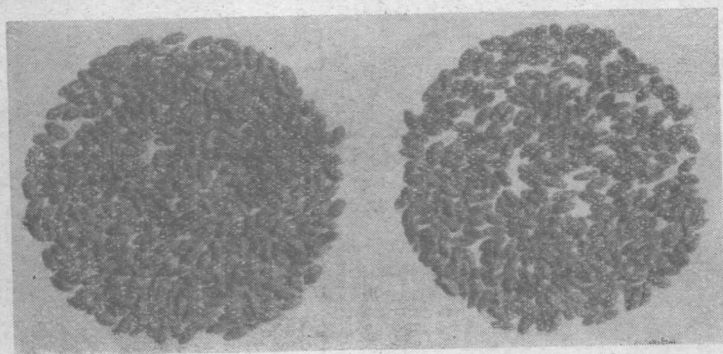


图5 病麦粒
健粒(左); 病粒(右)

子大都集結在小穗基部，也有集結在穎片邊緣的；到发病后期，受害部位可能出现黑色小粒，这是病菌的子囊壳。

麦穗受病后，麦粒也多被害，被害的麦粒輕而皺縮，色泽由灰白、粉紅至淡黃(图5)，随病菌侵害的时期及发病环境而异。受病的麦粒，其淀粉成份减低，还原糖增多，可溶性氮素及脂肪酸也有增加，用作种子常常不能发芽，或发芽后幼苗发育不良。

五、病原菌

(一) 分类和形态

小麦赤霉病是真菌引致的病害，病原菌的学名是 *Gibberella zeae* (Schw.) Petch [= *G. saubinetii* (Mont.) Sacc. = *G. roseum* f. *cerealis* (Cke.) Snyder & Hansen]。它在分类学上属于子囊菌类(Ascomycetes)，肉座菌目(Hypocreales)，丛赤壳科(Nectriaceae)，赤霉属(*Gibberella*)。

此种病原菌的分生孢子世代或无性世代是镰刀菌属(*Fusarium*)的 *F. graminearum* Schw.。分生孢子生于分生孢子座(sporodochium)或粘分生孢子团(pionnote)上。大型分生孢子(macroconidium，以下简称分生孢子)稍弯曲，两端渐尖，頂端鈍或略收縮，基部有足形細胞；整个分生孢子似镰刀形，薄壁，有3~5个隔膜，以5个隔膜者居多，間有1~2个或6~9个隔膜的(图6)。小型分生孢子(microconidium)极少或无，厚垣孢子缺。

子囊壳散生于病組織的表面，略包被于菌絲体中，卵圓形至亚圓錐形，基部光滑，頂端有乳头状突起，其上有孔口；壳壁由圓形細胞組成，紫黑色至深蓝色。由于子囊壳成熟度的不同，其形状及大小頗有差异。子囊壳里有子囊甚多，子囊无色，长筒形，基端渐尖，内含子囊孢子8个，排列为一行或二行。子囊孢子紡錘形，多数具

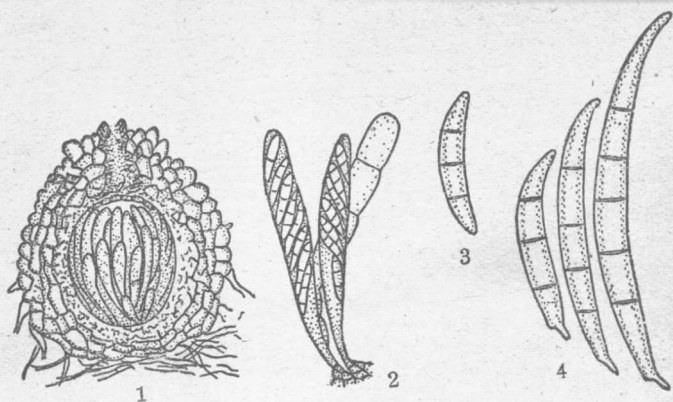


图6 *Gibberella zeae* 的子囊壳(1); 子囊(2); 子囊孢子(3);
大分生孢子(4)

(根据 Wollenweber)

有3个隔膜(图6)。

病原菌各器官的尺度见表2。

赤霉病菌的菌丝体白色至淡红色,有隔膜,具分枝,蔓延在寄主组织的表面和内部。

除 *F. graminearum* Schw. 以外,其他未经寻得完全世代的镰刀菌(*Fusarium*),例如 *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., *F. culmorum* var. *cereale* (Cke.) Wr. et Rg. 及 *F. avenaceum* (Fr.) Sacc. 等菌均可引致小麦发生赤霉病*。

F. culmorum 的分生孢子较 *F. graminearum* 粗短,基部略收缩,成熟时具5个隔膜,大小为 $4.8 \sim 7.5 \times 30 \sim 50$ 微米,常产生厚垣孢子(图7左)。

F. culmorum var. *cereale* (Cke.) Wr. et Rg. 的分生孢子比较长,一般具7~9个隔膜。

F. avenaceum 的分生孢子比较狭窄,顶端亦较尖细,具

* 根据俞大綬报告(1955),在长江流域酿致小麦发生赤霉病的还有 *Fusarium moniliforme* Sheldon。

表2 赤霉病菌(*Gibberella zeae*)各器官的尺寸(单位:微米)

子囊壳	子囊	子囊孢子 (3个隔膜者)	分生孢子	根 据
100~250×150~250	10~12×60~76	3.75~4×20~30	4.25~5.5×30~60	Stevens, 1925
180×250	9~13×55~90	4~5×18~27	3.5~5.5×30~60	Brooks, 1928
170.0×200.0 (平均) 100.0~250.0× 150.0~300.0 (极限)	— 8.0~15.0× 37.0~84.0 (极限)	4.0×22.7 (平均) 3.0~6.0× 16.0~33.0 (极限)	4.3×41.0 (3个隔膜者平均) 3.0~6.0× 25.0~66.0 (3个隔膜者极限) 4.9×51.0 (5个隔膜者平均) 3.2~6.0× 28.0~72.0 (5个隔膜者极限)	Wollenwe- ber, 1935
—	—	3.4~5.0×20~30	4.3~5.5×41~60	Dickson, 1947
100~250×150~250	8~12×70~95	3.7~4.2×20~30	4~6×35~65	中田觉五郎, 1950
182.0×200.1 (平均) 121.5~228.6× 128.6~257.2 (极限)	8.7×56.0 (平均) 5.0~11.7× 40.0~76.6 (极限)	5.0×20.7 (平均) 3.3~6.7× 13.2~30.0 (极限)	— —	仇元, 1950

3~5个隔膜,大小为3.1~4.1×45~66微米,間或产生厚垣孢子(图7)。

由于不同的镰刀菌的分生孢子具有一定的形态和体积,因此在菌种分类上是很受重视的特征。拉依洛(Райлло, 1950)根据她的实验指出,镰刀菌的大多数种在马铃薯洋菜培养基上培养15天,都能形成发育正常的分生孢子的子实体,因此她认为这个日期可作为计量分生孢子的标准日期。分生孢子的形态和大小,不但在各菌系間悬殊很大,就是同一菌系的也往往会由于培养基里水分的不同而发生差异,所以在计量孢子时,須注意选择正常的孢子作为计量对象。

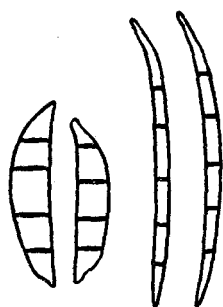


图7 *Fusarium culmorum* (左) 和 *F. avenaceum* 的分生孢子(右)
(根据 Haymon)

此外，镰刀菌在培养基上所呈现的色泽^{*}，也被广泛地用作鉴别性状。*F. graminearum* 的孢子层在培养基上呈淡蔷薇色、金黄色、赭石色、紫红色及鲜明的橙黄色等(Wollenweber and Reinking, 1935)。但菌落正面的色泽往往被茂密的菌丝所遮掩，因而不易分辨。其实，在培养皿正面和底面所呈现的色泽常有所不同，例如，仇元(1950)用马铃薯洋菜培养基(pH7.0)在培养皿中培养的11个菌系，正面有白色、葡萄酒色、蔷薇色和粉红色，底面则有石榴紫、波尔多(Bordeaux)及火赤色等之不同。菌落的色泽虽依培养基酸度的不同而有差异，但红色可作为其较显著的特点。拉依洛(Райлло, 1950)报告，镰刀菌在培养中的颜色与其生长程度颇有关系，在蒸米上培养，颜色以在第30天表现得最为清楚。超过这个时间，菌落常被后期的菌丝体所复盖，甚至菌丝体开始褪色，因而使它失去了应有的特征。

(二) 生 理

赤霉菌个体发育所表现的过程可以分为孢子发芽、菌丝生长、无性及有性孢子的产生等几个时期。在各个时期中，生理的状况及其对于外界环境条件的要求是不尽相同的，而且不同菌种所反应的情况也有差异。

* 由于对同一种颜色的描述，往往因人而异，为了便于相互比较，一般多采用下列材料作为描述的依据。

Ridgway, R., 1912. Color standards and color nomenclature. Washington, D. C.

I. 病原菌与温度及水分等条件的关系

赤霉病菌性好高温,在其生长发育过程中,除水分为不可缺少的条件外(分生孢子发芽需要 96% 以上的相对湿度,子囊孢子发芽需要 93% 以上的相对湿度——西门),温度也有一定的关系,在较高的温度下,生长发育的速率都比较快。

1. *Gibberella zeae* (Mont.) Sacc.

Fusarium graminearum Schw.

(1) 孢子的萌芽 分生孢子萌芽的最低温度是 4°C, 适温 28°C, 最高温度是 32°C (Naumov, 1916)。据狄克逊 (Dickson, 1923) 测定的适温是 24~28°C。麦克英尼斯和范格尔曼 (McInnes & Fogelman, 1923) 的试验指出,分生孢子萌芽的适温约 25°C。以后的试验 (Andersen, 1948) 亦获得相似的结果: 分生孢子在 4~32°C 的范围内都能萌芽,但其适温为 20~32°C; 在 28°C 时, 萌芽最快, 6 小时内发芽率可达 93.5%; 在 4°C 时, 分生孢子虽然也能萌芽,但速度很慢; 当温度高至 37°C 时, 即不能萌发(表 3)。

据江苏省望亭农业试验站(1954)的试验证明, 分生孢子萌芽的速度很快, 在 15°C 时, 经过 1 小时, 发芽率即达 19%, 6 小时后

表 3 赤霉病菌(*Gibberella zeae*)分生孢子在不同
温度下的发芽率(%)
(Andersen, 1948)

温 度 (°C)	經 过 时 間 (小时)			
	6	24	48	72
4	0.0	0.0	88.9	93.7
8	0.0	17.4	95.6	.....
12	0.0	85.9	96.8	.....
16	50.3	88.5	.....	.....
20	85.2	.....	.....	.....
24	89.7	.....	.....	.....
28	93.5	.....	.....	.....
32	91.0	.....	.....	.....
37	0.0	0.0	0.0	0.0

表4 赤霉病菌分生孢子在不同温度下的发芽率(%)

(江苏省望亭农业试验站, 1954)

温 度 (°C)	經 过 时 間 (小时)				
	1	3	4	5	6
15	19.0	32.5	89.6	93.6	99.9
19	77.4	90.7	95.9	98.1	100
23	78.3	94.2	100	.....	.....
25~26	82.7	100	.....	.....	.....

可接近于100%(表4)。

子囊孢子萌芽的最低温度是8°C,最适温度是30°C,最高温度是32°C(Naumov, 1916)。班耐特(Bennett, 1931)的报告中記載着分生孢子和子囊孢子萌发的最低温度为5°C左右。

(2) 病菌的生长(在培养基上) 赤霉病菌在培养基上对于温度的反应,根据各方面的报告列于表5。

(3) 子实体的形成 赤霉病菌的子囊壳因环境之差异,或生或不生。子囊壳在培养基上較难产生,但常能在已死或已枯寄主之残余組織上觅得。程瑚瑞、陆家云(1962)的試驗报告指出:在禾本科、豆科和菊科的植物残体上最易形成子囊壳,其次是蔷薇科植物的残体,松柏科植物残体上的子囊壳的发生率較低。在稻桩(或稻草)及玉米、高粱、大豆和芝麻等茎杆上均易形成子囊壳。

关于子实体形成期的温度因子,各方面的报告,頗不一致。瑙莫夫(Naumov, 1916)报导,子囊壳形成期的适温为20°C;班耐特(Bennett, 1931)的試驗証明,适温約24°C,最高温度約37°C;另据西门义一、平田去治及木村三(1938)的观察,最低平均温度为9.95~10.59°C,最高平均温度为24.1~25°C。石井 博(1960)的論文中提到,在日平均气温达13°C以上时为子囊壳形成的盛期。

据华东农业科学研究所(1956~1958)在南京用培养的长满菌絲的麦粒,定期地放置在土壤表面观察的結果表明,子囊壳及子囊孢子产生的速度,因季节和温度的不同而有差异,在一年当中,以4~9月份产生的速度最快。在此期間,子囊壳的形成需1~7天,