

昆虫病理学原理

下 冊

E. A. 史泰奧斯 原著

E. H. 巴甫洛夫斯基 編註

科学出版社

昆虫病理学原理

E. A. 史泰奥斯原著

E. H. 巴甫洛夫斯基院士編註

忻介六 張景欧 李君璵 合譯
王鳴岐 魏景超 孙彩虹



科学出版社

1957年10月

STEINHAUS, E. A.
Mc Graw-Hill, 1949
PRINCIPLES OF INSECT PATHOLOGY

內 容 提 要

本書根据史泰奧斯 (E. A. Steinhaus) 著昆虫病理学原理翻譯, 再根据苏联巴甫洛夫斯基 (Е. Н. Павловский) 編註俄譯本核對、增刪。

中譯本分上、下兩冊出版。下冊共五章, 討論了真菌病、病毒病、原生動物病、綫虫病、应用昆虫病理学与生物防治等。

本書供害虫防治工作者、綜合性大学生物系、农学院植物保护系教学及参考用。

昆虫病理学原理 (下冊)

原著者	[法] E. A. 史 泰 奧 斯
翻譯者	忻 介 六 等
出版者	科 学 出 版 社 北京朝陽門大街117号 北京市書刊出版業營業許可証出字第061号
印刷者	中 国 科 学 院 印 刷 厂
总經售	新 华 書 店

1957年10月第 一 版
1958年6月第二次印刷
(京) 2,291—2,798

書号: 0895 字數: 677,000
开本: 850×1168 1/32
印張: 13

定价: (10) 2.40 元

下 册 目 录

第十章 真菌病.....	(395)
第十一章 病毒病.....	(503)
第十二章 原生动物病.....	(632)
第十三章 綫虫病.....	(723)
第十四章 应用昆虫病理学与生物防治.....	(757)
俄譯本附录 寄生在昆虫上的虫生藻菌科真菌种类 一覽表.....	(801)

第十章 真菌病

真菌病 (Mycoses)

从昆虫疾病来说，由真菌引起的疾病似为肯定证明的第一类微生物性的疾病。远在十九世纪开始的年代，就有人想到这种关系（参看刻比及史宾斯 Kirby and Spence 1826）。后来由于在死蚕上具有显明菌丝体及果实体，遂使巴西狄劳第(Bassi de Lodi)于1835年认出这种侵染性真菌与常见的面包霉及他种腐生真菌间的类似情形。基于进一步的观察，更发现某些侵染昆虫的真菌为专性寄生菌(Obligate parasites)，另一些为半寄生菌(Semiparasites)，还有一些为一般的腐生菌类(Saprophytic species)；可是在某种条件下，腐生菌类仍然能引起易于感应的昆虫发生显明的疾病。就中混乱的因素是除真正杀死昆虫的病原外，常在这种虫尸上生出腐生菌，并屡把这种再度侵染者误认为疾病的原始致因。因此，在早期报告中所称侵害昆虫的一些真菌是有问题的；这些有机体，恐怕不是真正致病的病原菌。

在前面一章里，我们指出某一些真菌与昆虫间的关系似不能归于狭小的范畴（例如有隔担子属 *Septobasidium* 菌类及复精器虫生菌科 Laboulbeniaceae 菌类），而另一些则呈明显的共生关系(mutualistic)（例如白蚁及鑽木蚬的甲虫培植食用菌 ambrosia fungi）。所以有关这类情况都不属于一般真菌疾病的范畴。

真菌的性质 真菌属于植物界中的菌藻植物(Thallophytes)，它们的植物体构造简单（原叶体 Thalli），没有像高等植物那样分

化的根茎叶等器官。从广义来讲，“菌类”(fungi)一词包括“霉菌”(molds)、“酵母菌”(yeasts)、“放线菌”(actinomycetes)、“细菌”(bacteria)等各类型的有机体。不过一般都把“菌类”这个术语指着那些有丝状营养体或菌丝体(mycelium)而不具叶绿素的有机体，或者换句话说，“菌类”一般的特指真菌门(Eumycetes)中的霉菌及酵母菌而言。

侵袭昆虫及引起昆虫疾病的“虫生真菌”(fungi Entomogeni)包括四纲：藻状菌纲(Phycomycetes)、囊子菌纲(Ascomycetes)、担子菌纲(Basidiomycetes)及半知菌纲(Deuteromycetes; Fungi Imperfecti)。就中在担子菌纲中对于昆虫的致病菌最少。因为有的酵母菌，在某些条件下产生子囊(asci)及子囊孢子(ascospores)，所以把这些有关的微生物，包括在囊子菌纲里。

为讨论方便起见，我们将主要的根据真菌的纲，分别讨论昆虫的真菌疾病。在囊子菌纲及半知菌纲间常有一些重复。后者有时称为



圖 92 蚊虫头部具有的花粉塊常誤認為真菌，如果用一滴酒精把它湿润后，这种外加的附着物即行脱离。

“不完全菌”(Fungi Imperfecti) 因为它们具有不完全的生活周或者它们的生活周现在还没有完全知道。不过在大多情况下, 都認為它們是囊子菌的無性时期或不完整时期。至于这些关系, 将在以后各节詳細討論。

在討論前, 應該指出偶然在昆虫体外看到的那些外来附着物 (artifacts), 外界物体或假菌有时会在昆虫身上發現而被誤認為真菌。例如, 常見某些种子及花粉塊附着于昆虫体壁外像是一些复精器虫生菌科 (Laboulbeniaceae) 及虫草菌屬 (*Cordyceps*) 的菌类一样。虽然有时这些外在的非寄生体粘着坚固的如真菌, 但一般的來說都是比較容易用机械方式去掉的。附着于粘盘 (adhesive discs) 上的花粉塊, 在檢查标本时加上一滴酒精湿润之, 它們就脫落下来。某些兰科植物的花粉塊, 常具各种不同长度的药柄及頂生花粉塊, 从外表来看很像一些有柄的真菌, 但經不起酒精处理 (圖92)。有些植物的花粉当昆虫 (如黃蜂) 来訪时, 常复盖于虫体上如白粉, 此种白粉有时被誤認為真菌, 不过放在显微鏡下則不难檢查出来。

藻菌病 (Phycomycete Infections)

藻状菌綱 (Phycomycetes; 藻状菌) 包括生于各产区的一大群不同的菌类: 有水生的、水陆两栖的、更有陆生的。它們的特征是菌絲体呈管状多核体 (Coenocyte, 無隔膜及多核) 和無性孢子内生。但繁殖机构形成时, 在这种机构与营养菌絲間常生隔膜; 在某些屬的老菌絲上及另外几屬的幼嫩菌絲上, 亦有形成隔膜的。从昆虫疾病的論点来講, 在藻状菌綱中至少有四目虫生菌类: 即虫生藻菌目 (Entomophthorales)、白霉目 (Mucorales)、芽生菌目 (Blastocladales) 及壶状菌目 (Chytridiales)。从这些目的名称来看, 最重要的首推虫生藻菌目。現知該目仅有一科, 即虫生藻菌科 (Entomophthoraceae) (有些作者称之曰虫霉科 (Empusaceae), 在这一科中有五或六屬。其中虫霉屬 (*Empusa*)、虫生藻菌屬 (*Entomophthora*)、及堆孢子屬 (*Masospora*) 等三屬尤为重要。

由虫霉及虫生藻菌两属內的菌类所致之疾病

从文献記載知道有相当大的一部分昆虫疾病是由虫霉及虫生藻菌两属內之菌类引起的。頃悉在美国各地發生的約有 50 种*。其中有些已經研究的相当精細,另一些則仅限于分类的描述。大体的說,它們的生活史是相似的。所以拿少数研究清楚的种类作重点介紹,当可推及其它类似种类的情形。

适当引用虫霉及虫生藻菌两个属名常有困难,除非工作同志已認識到这两个属名的历史背景,他是会搞不清楚的。对于这个特殊的命名問題,截至現今还没有統一的規定,所以現今在該方面还只有根据有工作經驗者的慣用方式。考虫霉(*Empusa*)[†]这个属名,原为科因氏(Cohn)研究家蝇上寄生的蝇霉(*Empusa muscae* Cohn)后,在 1855 年創立的,可是因为在 1855 年以前已有人把这个属名定为兰科植物的一个属名,遂被一些工作者否定了。就是基于这个道理,佛果辛尼斯氏(Fresenius, 1856)建議用虫生藻菌(*Entomophthora*)这个属名来代替虫霉(*Empusa*)这个属名。从此以后,这两个属名一齐在混乱的用着,一直到布賴斐尔德氏(Brefeld, 1877)及諾瓦柯夫斯基氏(Nowakowski, 1884)把它們两个分为显明两属后,方才識出虫霉(*Empusa*)这个属名的正确性。随后,其他真菌学者亦以毫無問題的态度来引用它。塔克斯忒氏(Thaxter, 1888)在他的美国虫生藻菌专著中的总结認為应该承認这个名字。彼更进一步的指出兰科植物中的 *Empusa* 属名現已列入同义字中,因之似乎不会引起什么混乱了。

塔克斯忒氏以为虫生藻菌这个属名似应降为虫霉属中的一个亚属。可是因为在后面将要討論的它种原因,則頗有采用布賴斐尔德氏及諾瓦柯夫斯基氏的建議,把虫生藻菌及虫霉認為是两个独立属的趋向。至于諾瓦柯夫斯基氏創立那个介于虫霉及虫生藻菌两属中

* (俄譯本注) 在本書附录中引用了耶夫拉霍娃(A. A. Евлахова, 1950)所編纂的寄生在昆虫的虫生藻菌科(Entomophthoraceae) 62 种真菌的名录——(編者注)。

間的 *Lamia* 屬，則沒有被一般所接受。不湊巧的是在虫霉及虫生藻菌兩屬內某一些種間的顯明區別沒有建立起來。不過無論如何，似要分別採用這兩個屬名並且進一步的研究將可以認出這兩個正確的屬。

虫霉及虫生藻菌疾病的性質 在虫霉屬及虫生藻菌屬的各種菌類中，分別對於其各別寄主致病的詳細情況有些不同。但一般的說，這兩屬菌類的致病程序是大致相同的。

這種菌類通過消化管來侵襲昆蟲，雖然可能發生，但是極少的。而通常侵襲的途徑是穿過表皮，尤其是通過體外各節間較薄的體壁和附肢。當這種菌類的孢子與昆蟲表皮接觸後不久，便開始萌發，伸出芽管，穿入寄主體腔內，依靠着柔軟組織而迅速發育滋長。在這個發育過程中，菌絲多以分段方式形成的“菌絲段”(hyphal bodies)來替代縱橫交織的分枝菌絲體。這些大小不同、形狀各異的短粗菌絲段，都具有高濃度脂肪的原生質，並常依芽生或分裂方法繼續增殖、一直到充滿了昆蟲的體腔為止。但亦有非至發病後期菌絲發育良好後、是不會生成菌絲段的。菌絲段的大小可能整齊劃一，或者極不整齊。每當寄主將要死亡時期及恰在孢子形成前期，常會看到整齊的菌絲段。

當菌絲段形成後，如果溫濕條件不宜，可能停止一般發育、開始形成厚壁孢子(chlamydospores)。這種孢子是通過每個菌絲段孢壁的自身加厚形成的，至於加厚的厚度則因休眠期的長短而不同。借着厚壁孢子，這種真菌在沒有碰到適當條件繼續發育前，就能長期保持休眠狀態。自開始染病至形成菌絲段或厚壁孢子的時期依寄主而不同，約為2至12日。一般的來說，昆蟲愈小，這個時期也愈短。

在有足夠濕度及適當高溫下，菌絲段及厚壁孢子在昆蟲屍體內迅速萌發。這樣萌發後的菌絲，可以直接穿透昆蟲表皮向外發展，依分生孢子梗(Conidiophores)的不同形狀產生一個或一簇分生孢子(Conidia)。有時，尤其當生長條件特別適宜的時期，一條初生菌絲可以生出無限分枝，每一個最後的分枝都形成一個分生孢子梗。普

通从一个菌絲段萌發的菌絲不超过一个或二个，不过也有多于两个的。在后面这种情况下，菌絲可能分枝、和联結形成所謂“子座”(Stroma)的聚合菌絲堆。

菌絲段萌發的結果，即产生有性休眠孢子或無性休眠孢子(接合孢子或假接合孢子 *zygospores* or *azygospores*)，或产生有分生孢子的分生孢子梗。据塔克斯忒氏的解釋，在后者的場合，不論直接或間接从菌絲段形成的菌絲，都能突破寄主抵抗力薄弱的大海綿状体壁、而向体外迅速生长發育(圖 93)。在大多数場合下，这一堆密生菌絲



圖 93 因虫生藻菌的疾病(美洲虫霉 *Empusa americana* Thaxter) 杀死的一种丽蝇 *Phaenicia mexicana* (Macq.) (= *Lucilia unicolor* Town.)。A. 粘附于野生苦苣及草上的一种丽蝇。采自疾病广泛流行的大田中。B. 被这些真菌杀死而收缩起来的一些标本。注意分生孢子穿破体腔沿着节間膜向外發展的情况。

呈白色，虽然，它們的混合色則有青白到綠灰或鮮綠以至橄欖色的各种顏色。它們的一般表現，因真菌的种类不同或發育条件不同，常發生相当大的变异。在若干場合下，从寄主体壁伸出的这一堆菌絲仅限于伸出体壁的那些点。这些点就是在薄的节間膜上被真菌穿过后所反映的垫状环。从这里由体壁伸出的菌絲，一般的只形成单生分生孢子梗，沒有分枝或者仅生少数分枝，每一个这样的分生孢子梗上生出一个分生孢子。在它种場合下，它在寄主外的生长更为扩展，而

且这些分生孢子梗堆彼此結合遮盖虫体全部，因之被害昆虫从外表来看常大于昆虫数倍。这些分生孢子梗的外部都生出更多的分枝，且每个分生孢子梗的最后分枝都呈繖房状或掌状排列。正是因为这种不同种間生出简单的和复合的分生孢子梗的标志，才建立了虫霉及虫生藻菌两屬。保持这两屬間差别的困难在于这种区别不够稳定，并且还有中間类型(例如在 *E. culicis* Bra. 及 *E. apiculatus* Thax.)。所以在通常具有简单孢子梗类型中有时可生出复合孢子梗，在复合孢子梗类型中亦可看到简单孢子梗。在任何一类型中，在适当温度及湿度的条件下，分生孢子梗生长很快，几小时内便能形成它們特有的菌堆。分生孢子梗堆出現后不久、即开始产生分生孢子。

塔克斯忒氏对于分生孢子形成、釋放及萌發的描述如下：分生孢子梗頂端多少呈膨大的部分称为担子 (Basidium)，从这个担子的頂端、以芽生方式形成分生孢子 (圖 94)。这个芽体或母細胞逐漸增大，一直到分生孢子的正常大小及形状时，才以形成橫隔膜方法与担子隔离。这样生出的母細胞終于發育成一个分生孢子。当分生孢子全部形成后，孢子的含有物及担子的含有物通过吸水作用开始膨胀。在开始时，担子的含有物先發出較大的力量，把囊軸 (Columella) 推向分生孢子。当担子大而强时，这种作用可能繼續下去，一直到釋放分生孢子为止。一般的說，分生孢子內的含有物比較担子里的要濃一些，終于形成更大压力，将囊軸复压回到担子中而恢复它原有的位置。这些相反作用力量的綜和是很大的，由于作用的結果，終于在它們相对立的一点上——圍繞着母細胞基部的一个环状体内形成裂口，由于这个裂口，就把分生孢子激烈的釋放于相当距离以外的空中。在釋放孢子时，囊軸一般的仍保持完整形状，但亦有以舌状突出的形式吊在担子上的。在另外一些例証中，它亦可能破裂或連系于釋放的分生孢子上。

在虫生藻菌族 (Entomophthorae) 中各种菌类的分生孢子的大小和形状，各不相同。实际上，就是在同一种菌內所生出的分生孢子亦有显然的差异。从大小來說，它的长度变异范围約为 10 至 75 微

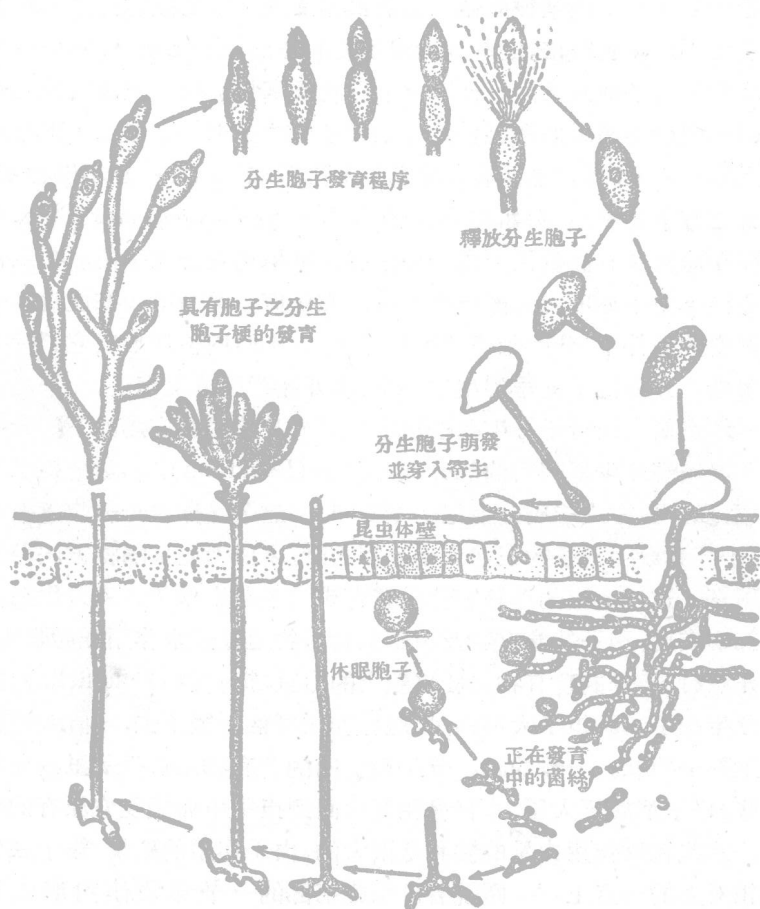


圖 94 一種蟲生藻菌 *Entomophthora sphaerosperma* Fres. 發育周期的各個主要階段。圖的下部代表在蟲體內發育的類型；上部代表在蟲體表面或外部發生的情況。

米；至于形状，則从圓到細長，而頂端尖銳。分生孢子通常透明無色，呈淡色者極少，內含細小顆粒狀原生質，通常為粗顆粒狀原生質和大的脂肪球。因為這些脂肪球的大小形狀頗有規則，于是分生孢子和脂肪球就好像子囊和充滿了子囊的子囊孢子。分生孢子平滑無刺，

或类似刺状体而有粘着性,所以不論同任何物体一經接触,便粘着于它的上面。分生孢子的基部多少近乳头状。

当分生孢子釋放后,如果与适当的寄主接触,就粘着于它的外部、开始萌發,生出發芽管;并且按照上述的方式伸入昆虫体内。如果分生孢子釋放于水上,它便萌發一条或几条菌絲,且分枝延伸,随着生长而緩慢地变得細小起来,这时,它們尤以連續形成橫隔膜方式,把原生質保留在菌絲前端,把空的或沒有原生質的菌絲隔在后面。这种生长一直繼續到原生質消耗的不能再繼續时为止。在这类真菌中橫隔膜亦很普遍(圖 95)。

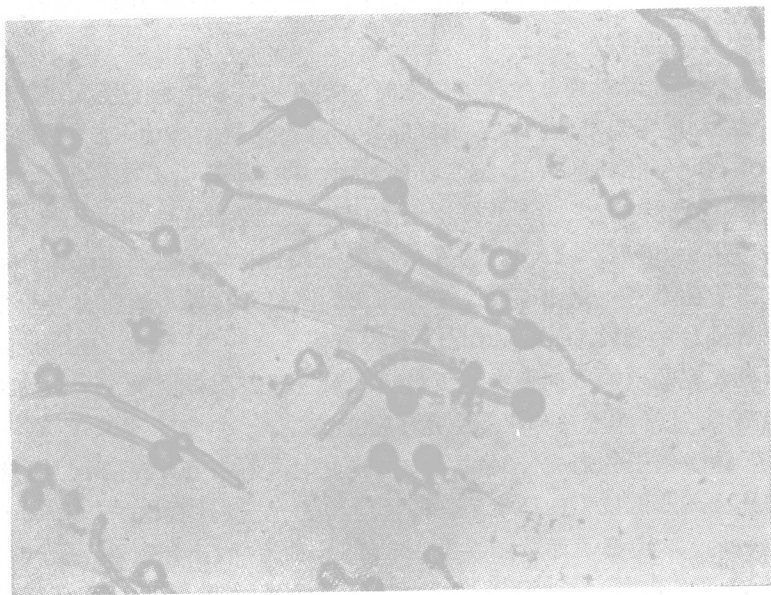


圖 95 寄生在白蟻、蚜虫及其它昆虫上一种虫生藻菌 *Entomophthora Coronata* Cost. 正在萌發的分生孢子,圖示乳头状突起二級分生孢子 (secondary Conidia),及空的和充滿了原生質的菌絲节 (Segments of mycelium)。 (仿赫黎斯 Harris, 1948)

萌發过程是多种多样的,但能繼續一周者極少,且一般都比一周時間短得多。普通在分生孢子釋放后、即开始萌發。如果釋放的分

生孢子既沒有落在适当的寄主上，也沒有落在水面上；換句話說，如果分生孢子落到不適于發育的基質上，它便开始形成所謂“二級分生孢子”（secondary Conidia），以備將來再度傳布。根據塔克斯忒氏研究結果，這種形成孢子的最普通方法，包括產生各種不同長度垂直向上的菌絲，隨後菌絲頂端膨大，形成担子，且再依上述形成分生孢子的方式，形成二級分生孢子。二級分生孢子的釋放仍依照常法進行。它又可輾轉形成三級分生孢子（tertiary Conidia），如此繼續下來，一直到原生質消耗過度，或者碰到適當寄主時才停止產生分生孢子的作用。在某些種類中，當遇到濕度不宜時，二級分生孢子的表現與初級分生孢子（primary Conidium）顯然不同。它們多呈扁桃狀，具厚壁，且不能釋放。

偶然間當考查分生孢子梗堆時，見有超過分生孢子梗大小的簡單菌絲，常突出於它們相當距離的外部。在這些菌絲中，有稱為“囊狀體”（Cystidia）的東西，都是特別粗大，甚至大到可以用肉眼直接看見的程度。其它一些則與分生孢子梗沒有很大的差異。關於囊狀體的功用，除塔克斯忒氏建議，認為它們是沒有作用的假根（rhizoids）或附着菌絲外，刻尚不明。而有作用的假根即指固着該菌自身於寄主所棲息的基質（substratum）上的菌絲。這些假根或有分枝、或無分枝，它的頂端可能膨大為吸盤狀的附着器。假根似限于某些種類的菌類，且常伴着具掌狀分生孢子梗的類型。

休眠孢子的形成 當昆蟲體內被蟲生藻菌族菌類浸染後，常形成具有高度抵抗不良環境條件的特种孢子——“休眠孢子”（resting spores）。這類孢子如以無性方法形成時，稱為“假接合孢子”（azygo-spores），以有性方法形成的，稱為“接合孢子”（zygospores）。休眠孢子多呈大型球狀體，外被三層壁膜，內含有高度屈折力的脂肪體。外壁膜薄於母細胞的外壁，中壁膜較厚，內壁膜最厚，後者的厚度幾等於，甚至超過於它外面兩層壁膜合併後的厚度。

擬接合孢子的形成方式，種類很多。最簡單的形成方法是菌絲段內的含有物直接轉化為休眠孢子。從厚壁孢子（Chlamydospores）

或菌絲段萌發后生成的菌絲或其自身直接生出的側芽，亦可形成假接合孢子。有时假接合孢子形成于細胞間，自后面这个方法形成的孢子，常呈各种不規則的形状。

虽然有时有性程序并不显明，这可能表現着从有性到無性的过渡形式，但接合孢子的形成方式仍是多样性的。大家都可以預想到接合孢子的形成方法是基于两类不同菌絲突出体（配偶囊——譯者注），通过接合两个接触的壁膜的吞并消失，于是它們的含有物遂混为一体。在許多情况下，接着就是在一个或两个配偶囊上生出芽体，通过芽体迅速生长，不久后即形成接合孢子。有时由一个接合菌絲頂端的扩大，形成孢子。另外也看到过其他种形成孢子的方法。

虫生藻菌科菌类的寄主及产区 任何試圖总结某一类微生物的昆虫寄主，应先了解寄主的分布在一定程度上是与該群微生物的科学研究程度有关。拿虫生藻菌科菌类的昆虫寄主來說，双翅目（Diptera）昆虫似乎是染病最多的一目，且从这一目里分离出的虫生藻菌科菌类也最多。半翅目（Hemiptera）昆虫的染病情况属于第二位，接着才数到鳞翅目（Lepidoptera）及鞘翅目（Coleoptera）的昆虫。此外还知道某些直翅目（Orthoptera）、膜翅目（Hymenoptera）及脉翅目（Neuroptera）昆虫对于該科的菌类亦呈易感性（Susceptible）*。从昆虫的發育时期來說，成虫时期比較蛹期及幼虫时期更易感染。至于在不完全变态（incomplete metamorphosis）的昆虫中，若虫（nymph）的易感性与成虫同。

虽然虫生藻菌族（Entomophthoreae）內的每种菌类对于寄主多有某种程度上的专化性，但这种情形决不穩定，也不一致。就中有些菌类侵襲的寄主范围很广，包括几目昆虫；其它一些菌类則只为害一种昆虫，或几种相近的昆虫。有时两种菌类加害同一种寄主，甚至在

*（俄譯本注）对所述的一系列的昆虫中尚应增如下列昆虫：縷翅目（皮蠹馬科 Phloethrypidae）、毛翅目（石蛾科 Phryganeidae 与剝石蛾科 Limnophilidae）、蛇蛉目（細角蛇蛉 *Raphidioptera ophiopsis* L.）及革翅目（欧洲蠅螋 *Forficula auricularia* L.）——（編者注）。

同一个体上的现象,并不希奇*。

生于昆虫上的那些虫生藻菌科的菌类产于各地,但最适于它們發育的条件是湿度高,而又稳定的地区。在沼澤溪流边緣的避蔭地区,是它們多数都特別适宜的环境。有些种类只要偶有潮湿帮助它产生孢子即能长期生在干旱地区。潮湿多霧的天气,更宜于这些菌类的生长發育,因为湿度足以使之蔓延(圖 96)。

在昆虫染病后即将死亡前,許多寄主昆虫寻找高燥的位置,因之爬到杂草叶片上,或其它食用植物上。这样,就附带着把分生孢子釋放于比較广大的面积上。其它适于染病昆虫附着的位置,似为避蔭处所,或房屋附近之植物叶子的背面。

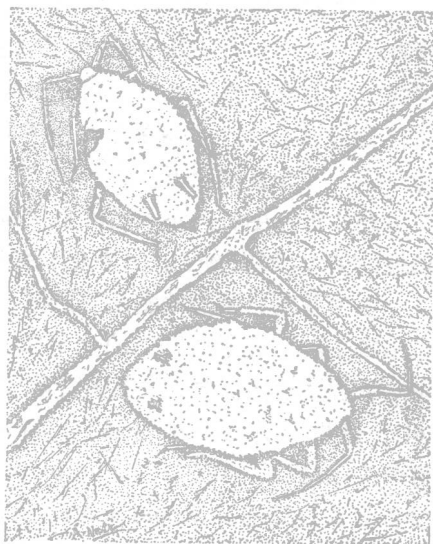


圖 96 由蚜虫霉 (*Empusa aphidis* Hoff.) 杀死的一种大蚜 *Myzus persicae* Sulzer 及被該菌包被的情形。

虫生藻菌科菌类的培养 在虫生藻菌科的菌类中,只有少数几种作过脱离昆虫寄主的离体培养。根据这少数几种人工培养成功的事实,可以說明,如果有适当配合的基質及适当的生活条件,其它还没有培养成功的那些菌类亦可能培养成功。

* (俄譯本注) 据耶夫拉霍娃 (Евлахова, 1950) 的一覽表, 蝇霉 (*Empusa muscae*) 在苏联有極广闊的分布。褐尾菌 (*E. aulicae*) 是松夜蛾 (Сосновая совка) 大量罹病的病原体, 蝗霉 (*E. grylli*) 是为意大利蝗 (прус) 及散居蝗 (無翅的、黑翅的以及其他蝗虫) 的分布極广的寄生物。 *Entomophthora sphaerosperma* 是甘藍菜白粉蝶, 苹果木蝨及叩头虫的幼虫及蛹的寄生物。 *E. virescens* 是格瑪夜蛾 (Совка-гамма) 的幼虫及蛹的寄生物, *Trichium megaspermum* 是黃地老虎 (озимая совка) 幼虫的寄生物, 此外尚有雅切夫斯基 (Ячевский) 所記載的蝇霉屬 (*Empusa*) 与 *Tarichium* 屬的其他种类——(編者注)。

斯皮拉氏(Speare, 1912) 似为用人工培养方式第一次完成这种菌类生活周的第一人,当时他引用的材料为在夏威夷(Hawaii) 寄生于粉蚧上的一种虫生藻菌,即粉蚧虫生藻菌(*Entomophthora pseudo-cocci* Speare)。他用的培养基为马铃薯、马铃薯琼脂、燕麦琼脂及小紅萝卜,后两者尤适宜于对该菌的培养。在1929年索叶氏(Sawyer) 报告了球形虫生藻菌(*Entomophthora sphaerosperma* Fres.) 及一种未定名之虫霉(*Empusa*) 的培养情况,并称对这些菌类来说,最适宜的培养基为马铃薯、旗魚(Swordfish) 及猪肉。

通过索叶氏的研究,发现培养这两种虫生藻菌科菌类的几种重要事实。第一、液体培养基适于菌絲体的繁茂生长,固体培养基适于形成菌絲段及繁殖阶段。碳水化合物及脂肪对于这些菌类的生长似没有显明的重要性,但基質内必須含有供給蛋白酶作用的蛋白質。培养基内氫离子濃度亦屬重要,当 pH 值近中性而少偏酸性时,則适于其生长及發育。固然基質过湿时,要阻止生长發育,一般的說,大气湿度在實質上对于它們的作用影响是不大的。試驗証明最适于生长及繁殖的温度为 21°C, 最高为 34°C, 可是分生孢子在 70% 相关湿度下,即处于 21°C 时亦不能萌發。正确的最低湿度究为若干,現在还没有測定,不过索叶氏(Sawyer) 发现,他供試的这两种菌类的分生孢子当冰冻几天后,再拿回室温下作發芽試驗,仍能繼續萌發。完全黑暗和光照,对于菌絲生长繁殖以及分生孢子的萌發没有区别。在移植时,以大量接种体(Inoculum) 移植于培养基后,生长最好。培养菌最好每 10 日移植一次*。

虫生藻菌科(Entomophthoraceae) 菌类的人工培育亦可采用新鮮寄主侵染法。在这方面,塔克斯忒氏(Thaxter, 1888) 研究出下面的一种方法。他拿一片圓形鉄絲网装入能密封的果酱桶中間,因之就把这只桶分为上下两部分。装畢后,将供侵襲的昆虫放在下部,把

* (俄譯本注) 伊王斯氏(Иванс, 1911) 曾提議使用活的蝗虫为培养蝇霉(*Empusa muscae*) 的培养基。*Entomophthora heurici* 能在死的昆虫、肉餚子以及胡蘿蔔上生长(莫里雅尔 Молляр, 1918)——(編者注)。