

广东省侵染摇蚊的库蚊虫霉研究^{*}

贾春生^{1**} 洪波²

(1. 韶关学院英东生物工程学院 韶关 512005; 2. 韶关学院外事处 韶关 512005)

摘要 在中国首次报道了侵染摇蚊的库蚊虫霉 (*Entomophthora culicis*) 的形态特征、侵染症状以及发生动态等。库蚊虫霉初生分生孢子, 钟罩形, 顶部有一明显小尖突, $(14.6 \pm 1.5) \mu\text{m} \times (10.8 \pm 1.2) \mu\text{m}$ 。次生分生孢子形似初生分生孢子, 但略小, $(11.0 \pm 1.1) \mu\text{m} \times (8.0 \pm 0.5) \mu\text{m}$ 。休眠孢子, 球形至亚球形, 直径 $(29.3 \pm 1.9) \mu\text{m}$ 。被侵染摇蚊尸体以假根附着于基物上, 通体覆盖着绿色的真菌子实层。库蚊虫霉侵染率在不同植物上明显不同。库蚊虫霉侵染率随季节不同波动很大, 春季最高达 90.2%, 其次为秋季和冬季, 夏季最低为 0。2006—2009 年库蚊虫霉侵染率为 93.5% ~ 95.7%, 年际之间变动不大。

关键词 库蚊虫霉, 摇蚊, 侵染率, 广东省, 虫霉目

Studies on *Entomophthora culicis* (Zygomycetes: Entomophthorales) infecting *Chironomus* sp. (Diptera: Chironomidae) in Guangdong Province

JIA Chun-Sheng^{1**} HONG Bo²

(1. Yingdong College of Bioengineering, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China;

2. International Office, Shaoguan University, Shaoguan 512005, China)

Abstract This paper presents the first description of aspects of *Entomophthora culicis* infecting *Chironomus* sp. in China, including disease symptoms and occurrence dynamics. The primary conidia of *E. culicis* are campanulate, measure $(14.6 \pm 1.5) \mu\text{m} \times (10.8 \pm 1.2) \mu\text{m}$ and have a distinct apical point. Secondary conidia are similar to primary ones but are smaller, measuring $(11.0 \pm 1.1) \mu\text{m} \times (8.0 \pm 0.5) \mu\text{m}$. Resting spores are $(29.3 \pm 1.9) \mu\text{m}$ in size and spherical to subspherical in shape. Infected insects are fixed to the substrate by rhizoids. The sporulating mycelium is greenish and covers the host completely. The infection rate of *E. culicis* was obviously different in three trees. The infection rate varied between seasons, being lowest in summer (0) and highest in spring (90.2%). There was no significant change in infection rate (93.5%—95.7%) from 2006 to 2009.

Key words *Entomophthora culicis*, *Chironomus* sp., infection rate, Guangdong Province, Entomophthorales

库蚊虫霉 (*Entomophthora culicis*) 是库蚊 (*Culex* sp.) 和摇蚊 (*Chironomus* sp.) 等蚊虫的重要昆虫病原真菌, 对蚊虫种群具有显著的调节作用, 具有很高的开发利用价值 (Golberg, 1979; Kramer, 1981, 1982; Keller, 2002; Scholte *et al.*, 2004)。目前国内仅发现其侵染库蚊, 而未见侵染摇蚊的报道 (黄耀坚等, 1988; 孙杰等, 2000)。笔者经过 2006—2009 年的调查, 发现库蚊虫霉在广东省韶关市只侵染摇蚊, 并对其发生流行规律进行了研究, 以期能为开发利用该菌防治蚊虫提供科

学依据, 现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 库蚊虫霉的形态结构观察

2005 年 5 月 15 日, 采集于广东省韶关市浈江区虫霉侵染的摇蚊成虫标本, 用于虫霉的形态结构观察。采用李增智的方法 (1986) 制片, 分生孢子细胞核染色采用醋酸地衣红染色。用显微镜测微尺测量初生分生孢子、次生孢子、休眠孢子和细胞核等大小, 每个测量项目以平均值 $\pm$ 标准差表

* 资助项目: 国家自然科学基金 (39870647)。

** 通讯作者, E-mail: chunshengjia68@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-02-05, 接受日期: 2010-09-15

示,并附以每项目的测量样本数 n ,分生孢子的长径比,以 L/D 表示。采用莱卡 (LeicaDM5000A) 光学显微镜对初生分生孢子、次生分生孢子、休眠孢子、分生孢子梗和假根进行拍照。

1.2 被侵染摇蚊尸体在树干上的分布

2006 年 5 月,在韶关学院北校区紧邻围墙的绿化带(地面有草坪覆盖,绿化树种有阴香、柳树和羊蹄甲等。墙外是一条轻度污染小河,四周是农田),选取树高和胸径基本一致的阴香树(平均胸径 20.0 cm,高约 6.0 m)、柳树(平均胸径 17.0 cm,高 5.0 m)和羊蹄甲(平均胸径 15.0 cm,高 5.5 m)各 5 株,每次降雨过后的次日上午逐株调查、统计树上库蚊虫霉侵染的摇蚊尸体数量。

1.3 被侵染摇蚊的性比

2006 年 5 月 3 日,在调查完被库蚊虫霉侵染的摇蚊尸体在树干上分布后,将尸体带回室内按雌雄分别统计被侵染摇蚊虫数。

1.4 库蚊虫霉侵染率月变化

从 2006 年 1 月 1 日开始,在韶关学院北校区紧邻围墙的绿化带,每月调查 5 株阴香树上的摇蚊侵染率。每月调查时间一般是当月的上、中、下旬各 1 次,取其平均值为当月的侵染率。

1.5 库蚊虫霉侵染率年变化

根据 6 年多的观察发现,库蚊虫霉侵染率在每年的 4 月达到最高峰,因此以每年 4 月的侵染率代表当年的库蚊虫霉侵染率。2006—2009 年,每年 4 月的上、中、下旬分别调查上述 5 株阴香树上的摇蚊侵染率,取其平均值为当月的侵染率。

1.6 数据统计分析

所有数据计算均在 SPSS13.0 软件上完成,侵染摇蚊的库蚊虫霉初生分生孢子大小与中国已报道的侵染库蚊 (*Culex* sp.) 的库蚊虫霉(黄耀坚等, 1988;孙杰等,2000) 的比较,采用单样本 t 检验。摇蚊侵染率的月变化和年变化间的差异显著性检验,采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 库蚊虫霉侵染摇蚊的症状

被侵染摇蚊尸体头朝上,以假根附着于石头、树干等基物上或漂浮于水面,双翅向两侧展开约

成 120° 角。尸体极度膨胀,尤以雌虫最为明显,通体覆盖着绿色的真菌子实层,虫体四周可见浓密的白色假根伸出。在湿度高时,尸体表面有时渗出 1~2 个绿色水珠,直径 1~2 mm(图 1:A,B)。冬季虫体内形成休眠孢子的尸体呈深褐色(图 1:C)。尸体多分布于树干的阴面,生长有苔藓的树干上的虫尸尤多。

2.2 库蚊虫霉的形态特征

初生分生孢子(图 2:A)淡绿色,透明,钟罩形,顶部有一明显小尖突,基部平截, $(14.6 \pm 1.5) \mu\text{m} \times (10.8 \pm 1.2) \mu\text{m}$ ($(11.7 \sim 16.9) \mu\text{m} \times (9.1 \sim 13.0) \mu\text{m}$), L/D 为 1.4 ± 0.1 ($1.1 \sim 1.6$) ($n = 34$)。弹射出的初生分生孢子围以原生质环。初生分生孢子(图 2:B)细胞核多为 2 核,极少为 3 核 $(4.16 \pm 0.6) \mu\text{m}$ ($3.9 \sim 5.2 \mu\text{m}$) ($n = 30$),细胞核通常位于初生分生孢子的两极;细胞质中央有一明显大液泡。次生分生孢子形似初生分生孢子,但略小,且顶部圆形,无尖突, $(11.0 \pm 1.1) \mu\text{m} \times (8.0 \pm 0.5) \mu\text{m}$ ($(8.5 \sim 12.1) \mu\text{m} \times (4.9 \sim 8.6) \mu\text{m}$), L/D 为 1.4 ± 0.2 ($1.3 \sim 1.6$) ($n = 34$)。休眠孢子(图 2:C)为假接合孢子,球形至亚球形,直径 $(29.3 \pm 1.9) \mu\text{m}$ ($26.0 \sim 33.8 \mu\text{m}$),壁厚, $(2.7 \pm 0.4) \mu\text{m}$ ($2.6 \sim 3.9 \mu\text{m}$) ($n = 30$)。分生孢子梗(图 2:D)棒状,不分枝,端部膨大,直径 $(10.5 \pm 1.3) \mu\text{m}$ ($8.0 \sim 14.3 \mu\text{m}$) ($n = 15$)。假根(图 2:E)粗大,末端无明显固着器。假囊体未见。

2.3 库蚊虫霉侵染摇蚊的性比

2006 年 5 月 3 日,共得到虫体完整的库蚊虫霉侵染摇蚊尸体 44 头,其中雌虫 32 头,雄虫 11 头,雌雄性比为 2.9:1,接近 3:1。

2.4 库蚊虫霉侵染的摇蚊尸体在树干上分布

库蚊虫霉侵染致死的摇蚊尸体在 3 种树上分布明显不同,在阴香树上最多,101 头,其次是柳树 27 头,羊蹄甲树上最少,为 0 头。同一树种中,以树干生有苔藓或树皮有裂缝的植株上尸体最多;同一株树上,在树干阴面的摇蚊尸体明显多于阳面。在阴香树上,摇蚊尸体分布于距地面 1 m 以上的树干上,集中分布于距地面 1~3 m 之间,占总数的 82%,在 3 m 以上尸体稀少,仅占总数的 18%。



图 1 被库蚊虫霉侵染的摇蚊

Fig. 1 Adults of *Chironomus* sp. infected with *Entomophthora culicis*

A: 雌虫 Female (×2.5) B: 雄虫 Male (×2.5) C: 体内形成休眠孢子的雌虫 Female with resting spore (×5)

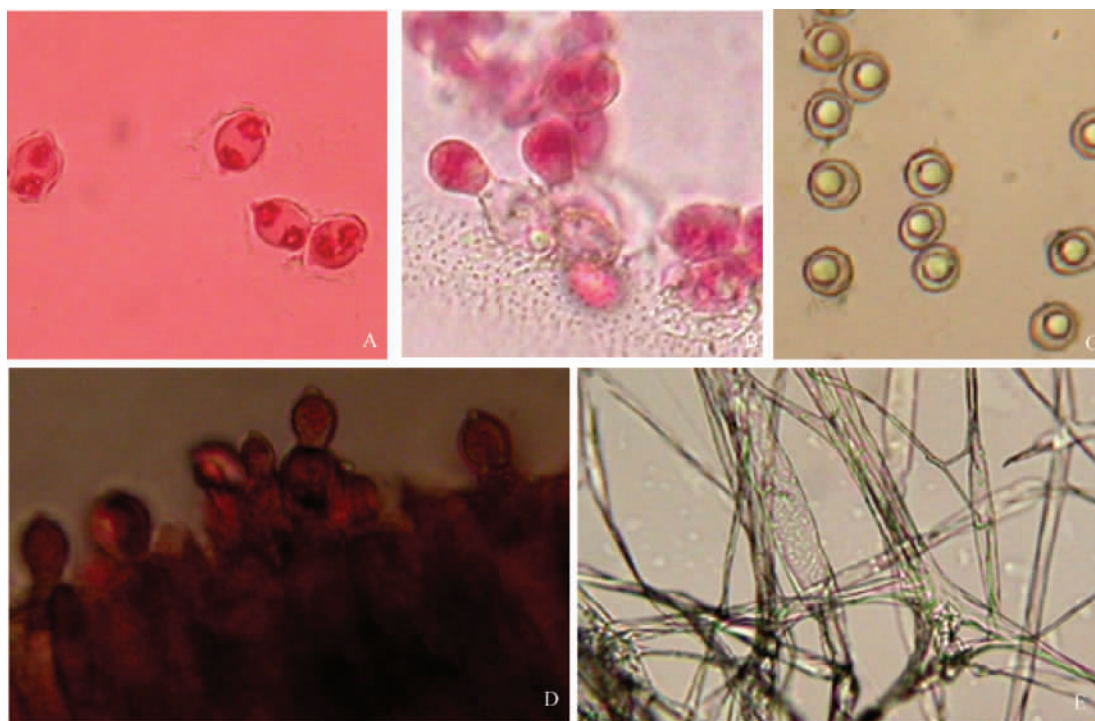


图 2 库蚊虫霉的形态特征

Fig. 2 Characteristics of *Entomophthora culicis*

A: 初生分生孢子 Primary conidia (×400) B: 次生分生孢子 Secondary conidia (×400) C: 休眠孢子 Resting spores (×200) D: 分生孢子梗 Conidiophores (×400) E: 假根 Rhizoids (×200)

2.5 库蚊虫霉侵染率的月变化和年变化

2006 年,库蚊虫霉对摇蚊的侵染率从 1 月到 4 月近似线性地增加,由 28.5% 增加到 90.2%,达到最高,并持续 1 个月,但自 6 月开始侵染率近似线性地急剧下降,到 7 月侵染率降为 0,并持续 2

个月,自 10 月开始侵染率又缓慢地增加,至 12 月增加到 27.9% (图 3)。在 2006—2009 年,库蚊虫霉对摇蚊侵染率分别为 95.2%、94.8%、93.5% 和 95.7%,年度间侵染率差异不显著 (图 4)。

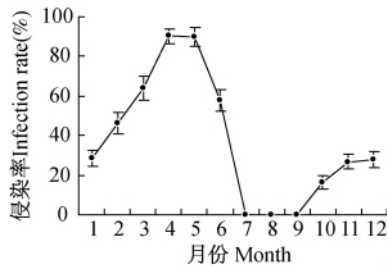


图3 库蚊虫霉感染率月变化

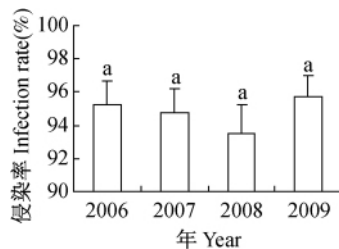
Fig. 3 Monthly dynamics of infection rate of *Entomophthora culicis*

图4 库蚊虫霉感染率年变化

Fig. 4 Annual dynamics of infection rate of *Entomophthora culicis*

注:相同小写字母表示差异不显著

($P > 0.05$, Duncan's 新复极差多重比较)

The same lowercase letter are not significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

3 讨论

库蚊虫霉 (*Entomophthora culicis*) 分布广泛,国外分布于美国、波兰、瑞典、瑞士、英国、法国、俄罗斯、德国、以色列和日本,报道的寄主包括双翅目长角亚目的库蚊、按蚊、摇蚊、蚋和幽蚊等成虫 (Golberg, 1979; Kramer, 1981, 1982; Keller, 1987, 2002; 佐藤大樹, 1993; Scholte *et al.*, 2004)。在中国,库蚊虫霉由黄耀坚等 (1988) 在福建省南平市首次发现, 2000 年又发现于安徽省合肥市。目前中国已知的 2 例库蚊虫霉报道,其寄主均为库蚊成虫,未见侵染摇蚊的报道,也未见库蚊虫霉发生流行规律的报道 (黄耀坚等, 1988; 孙杰等, 2000)。本文首次报道中国库蚊虫霉侵染摇蚊成虫及其发生流行规律。据黄耀坚等 (1988) 报道,在福建省库蚊虫霉与弯孢虫霉共同发生于库蚊种群中。但根据我们 2006—2009 年的调查发现,在广东省韶关市致倦库蚊 (当地优势种群) 种群中只流行堆

集噬虫霉和卵孢虫霉两种流行病,从未见库蚊虫霉发生流行;而在当地的另一种库蚊三带喙库蚊中目前只发现一种病原真菌 (*Coelomomyces* sp.)。由于黄耀坚等 (1988) 在报道中对库蚊虫霉的寄主仅记载为库蚊,具体种类不详,所以无法解释库蚊虫霉寄主在福建省和广东省明显不同的原因。但 Kramer (1983) 室内用自然感染的摇蚊尸体或培养基上的分生孢子对斯氏按蚊 (*Anopheles stephensi*) 和致倦库蚊 (*Culex pipiens quinquefasciatus*) 的生测结果显示,库蚊虫霉对前者的感染率为 100%,而对后者仅为 9%,这或许可以解释在广东省韶关市未见库蚊虫霉自然侵染致倦库蚊的原因。另外,据黄耀坚等 (1988) 报道,他们在 1984—1987 的多次野外调查中,弯孢虫霉一年四季均可发生对库蚊的感染,但未见有库蚊虫霉的感染现象,只在 1987 年 5 月突然爆发库蚊虫霉。这表明库蚊虫霉可能只是当地库蚊的一种偶发性致病因子,这也可以解释在广东省韶关市的库蚊种群中至今未见有库蚊虫霉发生的原因。

据作者 2006—2009 年的调查,在广东省韶关市的摇蚊种群中至少有库蚊虫霉、摇蚊虫霉和弯孢虫霉 3 种虫霉常年发生,其中以前两种虫霉为主。每年,库蚊虫霉主要发生于春、秋和冬三季 (图 3)。库蚊虫霉的发生主要受湿度的影响,在库蚊虫霉高发的春季,每次降雨过后就会出现流行高峰,被侵染死亡的摇蚊布满了阴香树的树干。由于每年 4 月是华南地区的梅雨季节,空气湿度大,是库蚊虫霉的流行高峰期,所以年际间感染率变化不大 (图 4)。库蚊虫霉侵染的摇蚊尸体在阴香、柳树和羊蹄甲 3 种树干上分布的不同,可能与树皮质地、树冠大小和郁闭度有关。

本文报道的库蚊虫霉初生分生孢子大于黄耀坚等 (1988) 报道的侵染库蚊的库蚊虫霉的初生分生孢子长 ($t = 10.041$, $df = 33$, $P < 0.01$) 和宽 ($t = 8.645$, $df = 33$, $P < 0.01$);也大于孙杰等 (2000) 报道的侵染库蚊的库蚊虫霉的初生分生孢子长 ($t = 7.673$, $df = 33$, $P < 0.01$) 和宽 ($t = 5.796$, $df = 33$, $P < 0.01$)。而与佐藤大樹 (1993) 报道的侵染摇蚊 (*Chironomus* sp.) 的大小 ($11.5 \sim 16.8$) $\mu\text{m} \times (8.3 \sim 12.5)$ μm 极为接近,表明该菌在不同寄主间变异较大。

以往国内外都广泛采用化学药剂或 Bt 生物

制剂处理水厂水源或河流中的摇蚊,但化学药剂存在副作用或污染环境,Bt又仅作用于摇蚊幼虫(张瑞雷等,2004;雷萍等,2007;莫文婷,2007)。近年,摇蚊的生态控制方法和技术开始受到关注(孙兴滨等,2006)。笔者认为,控制摇蚊最有效的方法首先是控制成虫,减少雌虫产卵量。库蚊虫霉对摇蚊雌蚊的侵染率明显高于雄蚊,因此,利用库蚊虫霉防治摇蚊具有良好的应用前景。

参考文献 (References)

- Golberg AM, 1979. Observation on the fungus *Entomophthora culicis* in Israel. *Phytoparasitica*, 7(1):31—32.
- 黄耀坚, 郑本暖, 尤华明, 1988. 库蚊虫霉的形态及不同因子对分生孢子萌发的影响. *真菌学报*, 7(4):193—197.
- Keller S, 1987. Arthropod-pathogenic Entomophthorales of Switzerland. I. *Conidiobolus*, *Entomophaga* and *Entomophthora*. *Sydowia*, 40:122—167.
- Keller S, 2002. The genus *Entomophthora* (Zygomycetes, Entomophthorales) with a description of five new species. *Sydowia*, 54(2):157—197.
- Kramer JP, 1981. On adult midges (Chironomidae) as victims of the fungal pathogen *Entomophthora culicis* (Entomophthoraceae). *Aquat. Insects*, 3(2):99—102.
- Kramer JP, 1982. *Entomophthora culicis* (Zygomycetes, Entomophthorales) as a pathogen of adult *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae). *Aquat. Insects*, 4(2):73—79.
- Kramer JP, 1983. Pathogenicity of the fungus *Entomophthora culicis* for adult mosquitoes: *Anopheles stephensi* and *Culex pipiens quinquefasciatus*. *J. New York Entomol. Soc.*, 91(2):177—182.
- 雷萍, 刘丽君, 张金松, 陈益清, 2007. 供水系统摇蚊污染的微生物控制实验研究. *微生物学通报*, 34(2):296—299.
- 李增智, 1986. 蚜虫的病原真菌新种——安徽虫疫霉. *真菌学报*, 5(1):1—6.
- 莫文婷, 2007. 关于水处理工艺中摇蚊幼虫杀灭方法的探讨. *工业安全与环保*, 33(5):21—22.
- Scholte EJ, Knols BGJ, Samson RA, Takken W, 2004. Entomopathogenic fungi for mosquito control: A review. *J. Insect. Sci.*, 19:1—24.
- 孙杰, 刘竞男, 吴茜茜, 王四宝, 蔡如胜, 黄勃, 2000. 合肥地区虫霉资源调查. *安徽农业大学学报*, 27(3):240—242.
- 孙兴滨, 崔福义, 张金松, 卜祥菊, 刘丽君, 2006. 水源水中摇蚊幼虫的滋生与生态控制. *环境污染治理技术与设备*, 7(8):1—5.
- 张瑞雷, 王新华, 周令, 张金松, 2004. 城市供水系统摇蚊污染发生与防治研究. *昆虫知识*, 41(3):223—226.
- 佐藤大樹, 1993. ユスリカ寄生菌 *Entomophthora culicis* (日本新産種). *Jap. Soc. Med. Entomol. Zool.*, 44(2):167.