

# 褐尾库蚊对白纹伊蚊和致倦库蚊捕食能力的研究

黄 未<sup>1</sup> 吴 迅<sup>2</sup> 吴珍泉<sup>1\*</sup>

(1. 福建农林大学教育部生物农药与化学生物学重点实验室, 福州 350002;

2. 福建信息职业技术学院, 福州 350001)

**摘要** 褐尾库蚊是白纹伊蚊、致倦库蚊的天敌, 褐尾库蚊幼虫随虫龄的增大, 各龄日捕食白纹伊蚊的数量增加, 随着害蚊虫口密度的增加褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊的数量增加; 2、3、4 龄褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊的数量范围分别在 4~8 只, 8~13 只, 10~19 只之间。2、3、4 龄褐尾库蚊幼虫对白纹伊蚊的捕食量分别呈函数关系  $y_2 = 1.0613 \ln(x) + 3.9494$  ( $R^2 = 0.9091$ ),  $y_3 = 2.7119 \ln(x) + 3.8863$  ( $R^2 = 0.8919$ ),  $y_4 = 5.7767 \ln(x) + 0.394$  ( $R^2 = 0.9722$ ), 它们增幅大小的拐点分别是 3、5、10 只/100cm<sup>3</sup>。4 龄褐尾库蚊幼虫对致倦库蚊的捕食量呈函数关系  $y = 1.4133 \ln(x) + 0.5334$  ( $R^2 = 0.9520$ ), 增幅大小的拐点是 5 只/100cm<sup>3</sup>, 害蚊单种种群时褐尾库蚊对白纹伊蚊幼虫的捕食量是致倦库蚊的 4 倍。2 种害蚊混合种群时褐尾库蚊对白纹伊蚊的捕食量是致倦库蚊的 15 倍。

**关键词** 白纹伊蚊; 致倦库蚊; 褐尾库蚊; 捕食

蚊类属双翅目蚊科 (Diptera: Culicidae), 是一类重要的医学昆虫, 它传播的疾病主要有疟疾、淋巴丝虫病、登革热、流行性乙型脑炎、黄热病等。蚊虫的防治成为医学昆虫领域的重要课题之一。目前蚊虫防治大致为两类: 一类是化学防治, 它以实施方便、见效快等特点得到广泛应用, 以高效、低毒、低残留的拟除虫菊酯最为常用, 随着这类杀虫剂的大量使用, 蚊虫的抗药性成为一个日益突出的问题 (李春晓和赵彤言, 2006); 另一类是昆虫驱避剂的使用, 它能阻止蚊虫对人、畜或植物的侵袭, 在预防医学中占有一定的地位 (阎丙申等, 2002; 吴刚和戈峰, 2004), 然而它在应用上存在着局限, 诸如易被汗水分解, 对人体皮肤有一定的刺激性等。对蚊虫生物防治的研究却很有限 (王美秀和甄天民, 2000)。因此, 必须加强害蚊生物防治的研究。福建省害蚊以致倦库蚊 *Culex quinquefasciatus* 和白纹伊蚊 *Aedes albopictus* 为主, 寻找杀蚊菌株 (张灵玲等, 2007) 或对害蚊控制有效的天敌, 研究其对害蚊的控制作用, 对于保护环境、有益于人畜及其他有益生物安全具有重要意义。至今为止, 国内对于天敌褐尾库蚊 *Culex fuscanus* 研究相对较少, 其捕食能力的研究更少, 仅黄恩炯和

吴珍泉 (2005) 对褐尾库蚊 4 龄幼虫捕食行为作了初步的研究, 为了进一步探讨褐尾库蚊幼虫对致倦库蚊、白纹伊蚊幼虫的捕食能力, 以及对 2 种害蚊的选择性, 我们于 2005~2006 年在福建福州对褐尾库蚊不同虫龄的捕食能力进行了初步的测定。

## 1 材料与方法

### 1.1 蚊虫采集与繁殖

致倦库蚊、白纹伊蚊和褐尾库蚊是在福州市鼓楼区金山学区采集。学区内积水的低洼地、阴沟、污水坑、浅水潭、露天水缸和污水池是主要的采集点。蚊种采集后, 在室内进行繁殖, 室温 26°C±1°C, 湿度 50%~60%, 供试的蚊虫为室内繁殖的下一代。

制作 10 个 16cm×8cm×8cm 养蚊笼, 用于饲养蚊虫成虫。分开饲养害蚊和天敌, 每个笼内放 1 个深色的、内壁粗糙的瓷罐 (林立辉和付廷荣, 1984), 瓷罐装上去氯水, 水面放一片树叶, 引诱蚊虫成虫产卵, 以 10% 的蜜水 (崔可伦, 1982) 供雄蚊取食。小白鼠供蚊雌蚊吸血, 麻雀 *Passer montanus* 为天敌褐尾库蚊雌蚊吸血来源

收稿日期: 2007-04-20

\* 通讯作者: E-mail: wuzq5198@126.com

(黄恩炯和吴珍泉, 2005)。

在直径 15 cm 的白瓷碗内, 饲养害蚊幼虫, 每天给予饲料 (兔肝粉 30% 和酵母粉 70%), 并且每天定时清洁卫生 (钟作良和何桂铭, 1987)。

### 1.2 天敌对害蚊捕食量的测定

**1.2.1 非选择性测定:** 用半径为 5 cm, 高 2 cm 的培养皿饲养天敌和害蚊, 一个培养皿中只供给天敌 1 种害蚊, 观察天敌对这种害蚊的捕食量。由于天敌和害蚊在田间和室内繁殖生长发育较为一致, 供给天敌幼虫捕食的是同龄的害蚊幼虫, 每个培养皿饲养的天敌与害蚊幼虫的比例分别为 1:5、1:10、1:15、1:20、1:25、1:30、1:35, 重复 3 次。每 24 h 观察一次捕食情况。

**1.2.2 选择性测定:** 参照 1.2.1 方法供给天敌 2 种害蚊, 观察天敌对 2 种害蚊的捕食量。每个培养皿饲养 1 只天敌, 根据前期试验, 供给天敌一天中最大的量 (19 只害蚊幼虫), 即一个培养皿分别供给 19 只害蚊幼虫, 重复 3 次。每 24 小时观察一次捕食情况。

天敌捕食能力与害蚊虫龄及密度的关系, 方程拟合用 Microsoft excel 2003 进行模拟。害蚊虫龄及密度对天敌捕食能力的影响方差分析, 以及天敌对两种害蚊的捕食选择性差异显著性测定, 应用《实用数据统计分析及 SPSS 12.0 应用》进行统计 (章文波和陈红艳, 2006)。

## 2 结果与分析

### 2.1 非选择性测定

**2.1.1 褐尾库蚊对白纹伊蚊捕食能力的研究:** 从图 1、2、3 可以看出, 褐尾库蚊幼虫随着虫龄的增加, 其捕食量也随之增大。其中, 2 龄褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊的数量范围较小, 在 4~8 只之间, 取食量不大 (图 1); 3 龄褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊量的幅度增大, 在 8~13 只之间 (图 2)。4 龄褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊量的幅度最大, 在 10~19 只之间 (图 3)。

褐尾库蚊幼虫对白纹伊蚊幼虫的日捕食量随着白纹伊蚊密度的增加而增大, 每个龄期褐尾库蚊的日捕食量都是随着密度的增加而增加, 且增加较快, 当密度达到 3~5 只时, 捕食量增加较慢。2 龄褐尾库蚊幼虫日捕食量与白纹伊蚊的密度呈方程  $y_2 = 1.0615 \ln(x) + 3.9494$  ( $R^2 = 0.9091$ ), 随着白纹伊蚊密度的增加, 仅为

0.0615 的增幅, 增加速度不明显。当害蚊密度为 1~3 只/100 cm<sup>3</sup> 时, 褐尾库蚊取食白纹伊蚊的数量有所增加, 当白纹伊蚊密度大于 3 只/100 cm<sup>3</sup> 时, 褐尾库蚊对白纹伊蚊幼虫的日取食量增加不大 (图 1)。

3 龄褐尾库蚊幼虫日捕食白纹伊蚊的捕食量呈函数关系  $y_3 = 2.7116 \ln(x) + 3.8863$  ( $R^2 = 0.8919$ ), 当害蚊密度为 1~5 只/100 cm<sup>3</sup> 时, 褐尾库蚊对害蚊幼虫的日取食量迅速增加, 当害蚊密度大于 5 只/100 cm<sup>3</sup> 时, 褐尾库蚊日取食量增加不大 (图 2);

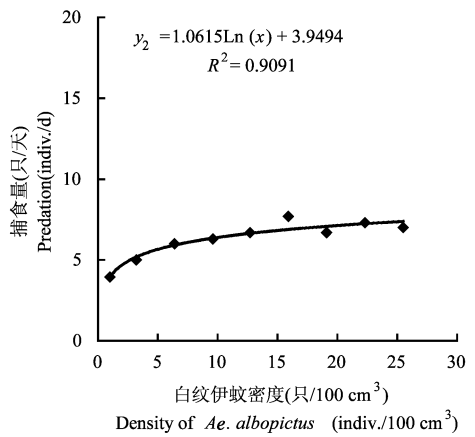


图 1 褐尾库蚊 2 龄幼虫取食白纹伊蚊 2 龄幼虫

Fig. 1 Daily predation of 2<sup>nd</sup> instar larvae of *Culex fuscus* on the same instar larvae of *Aedes albopictus*

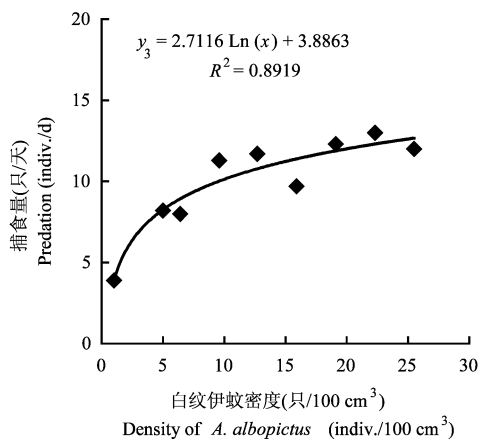


图 2 褐尾库蚊 3 龄幼虫捕食白纹伊蚊 3 龄幼虫

Fig. 2 Daily predation of 3<sup>rd</sup> instar larvae of *Culex fuscus* on the same instar larvae of *Aedes albopictus*

4 龄褐尾库蚊幼虫对白纹伊蚊的日捕食量呈函数关系  $y_4 = 5.7767 \ln(x) + 0.394$  ( $R^2 =$

0.9722)；当害蚊密度为 1~10 只/100 cm<sup>3</sup> 时，褐尾库蚊日取食量增加较快，当害蚊密度大于 10 只/100 cm<sup>3</sup> 时，褐尾库蚊日取食量增加较慢（图 3）。

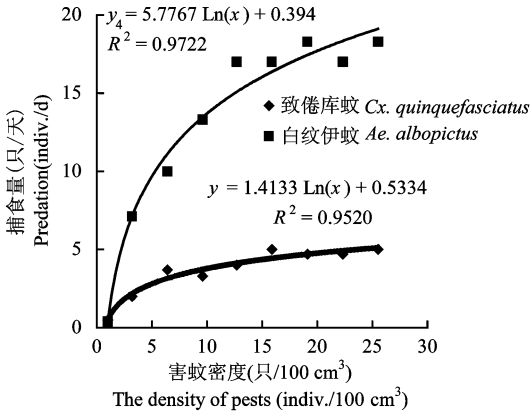


图 3 褐尾库蚊 4 龄幼虫取食白纹伊蚊和致倦库蚊 4 龄幼虫日捕食量

Fig. 3 Daily predation of 4<sup>th</sup> instar larvae of *Cx. fusca* on the same instar larvae of *Ae. albopictus* and *Cx. quinquefasciatus*

2.1.2 褐尾库蚊对致倦库蚊捕食能力的研究：4 龄褐尾库蚊幼虫对 4 龄致倦库蚊的日捕食量呈函数关系  $y = 1.4133 \ln(x) + 0.5334$  ( $R^2 = 0.9520$ )，褐尾库蚊 4 龄幼虫对致倦库蚊的日捕食量随着致倦库蚊虫口密度的增加而增大（图 3），当害蚊密度从 1~5 只/100 cm<sup>3</sup> 时，褐尾库蚊日取食量迅速增加，当害蚊密度大于 5 只/100 cm<sup>3</sup> 时，褐尾库蚊日取食量增加较慢。

单种种群时（图 3），褐尾库蚊对白纹伊蚊的捕食量（16.2 只）是致倦库蚊捕食量（3.9 只）的 4 倍。明显看出褐尾库蚊对白纹伊蚊幼虫的捕食量远高于致倦库蚊（ $P < 0.001$ ,  $t = 6.706$ ,  $n = 6$ ）。

### 2.2 选择性测定

褐尾库蚊对白纹伊蚊和致倦库蚊的日捕食量测定：混合种群时（见表 1），每个处理 2 种害蚊各 19 只放在一起，褐尾库蚊 4 龄幼虫对致倦库蚊的日捕食量（1 只/日）远低于对白纹伊蚊的捕食量（14.7 只/日）。褐尾库蚊对白纹伊蚊的捕食量是致倦库蚊的 15 倍，差异极显著。

从捕食两种害蚊的比例可以发现，天敌在混合种群中对白纹伊蚊的捕食倾向性比在单种种群中要高的多，说明在单种种群时，即没有白纹伊蚊的情况下，褐尾库蚊只能取食致倦库蚊。因此，褐尾库蚊对害蚊的取食具有一定的选择性。

## 3 讨论

### 3.1 褐尾库蚊不同龄幼虫的捕食作用

低龄褐尾库蚊幼虫捕食白纹伊蚊的捕食量相对较少，随着虫龄的增大，高龄天敌幼虫的捕食量明显增大，当供给充足的寄主时，2 龄褐尾库蚊的平均日捕食量为 6.8 只，3 龄的平均日捕食量为 10.9 只，4 龄的平均日捕食量为 16.5 只。

表 1 褐尾库蚊 4 龄幼虫对白纹伊蚊和致倦库蚊日捕食量

Tab. 1 The daily predation of the 4<sup>th</sup> instar of *Cx. fusca* feeding on a mixed population of *Ae. albopictus* and *Cx. quinquefasciatus*

蚊虫种类 Species	龄期 Instar	捕食量 (只/天) Predation (Indiv. · d)
白纹伊蚊 <i>Ae. albopictus</i>	4 <sup>th</sup> instar	14.7
致倦库蚊 <i>Cx. quinquefasciatus</i>	4 <sup>th</sup> instar	1

### 3.2 寄主密度对褐尾库蚊捕食量的影响

供给相同密度时，不同龄的褐尾库蚊幼虫随着密度的增加，对白纹伊蚊的日捕食量增长的速度较快。3 龄幼虫增长的速度是 2 龄幼虫的 2.7 倍，4 龄幼虫的增长速度是 3 龄幼虫的 2 倍，各虫龄之间的捕食量存在极显著的差异（ $P < 0.001$ ）。

### 3.3 褐尾库蚊对两种害蚊的选择性

供给单种害蚊时，褐尾库蚊捕食白纹伊蚊的捕食量明显高于致倦库蚊（ $P < 0.05$ ），同时供给两种害蚊时，褐尾库蚊对致倦库蚊的捕食更少（ $P < 0.001$ ），天敌幼虫对于致倦库蚊的捕食量低，主要是由于褐尾库蚊的捕食习性决定的。据观察，同样是幼虫，白纹伊蚊的幼虫比致倦库蚊活动范围大，在水中剧烈的摆动产生了明显的水面震荡波，褐尾库蚊则是通过水波的方向来判断取食的。同样，由于害蚊蛹期活动较少，褐尾库蚊幼虫对害蚊蛹的捕食量也远远低于幼虫（黄恩炯和吴珍泉，2005）。对于这两种害蚊，天敌具有选择性，没有白纹伊蚊幼虫种群时，褐尾库蚊会增加对致倦库蚊的捕食。在室内繁殖中同样发现，害蚊密度低时，褐尾库蚊幼虫会自相残杀，可见，猎物的大小、密度和活动能力影响了褐尾库蚊幼虫对猎物的选择性以及自相残杀的概率。

## 参考文献

- 王美秀, 甄天民. 2000. 蚊虫的生物防制方法研究进展. 中国媒介生物学及控制杂志, **11** ( 1 ): 71-72.
- 吴刚, 戈峰. 2004. 蚊虫驱避剂的研究概况. 寄生虫与医学昆虫学报, **11** ( 4 ): 253-256.
- 张灵玲, 关怡, 张易, 等. 2007. 苏云金芽孢杆菌杀蚊新菌株 LLP 29 对白纹伊蚊作用机理的研究. 寄生虫与医学昆虫学报, **14** ( 1 ): 16-19.
- 李春晓, 赵彤言. 2006. 蚊虫对有机磷和氨基甲酸酯抗性相关羧酸酯酶和乙酰胆碱酯酶基因研究进展. 寄生虫与医学昆虫学报, **13** ( 1 ): 51-56.
- 林立辉, 付廷荣. 1984. 白纹伊蚊对产卵容器的选择. 昆虫知识, **21** ( 4 ): 172-173.
- 钟作良, 何桂铭. 1987. 白纹伊蚊幼虫龄期的发育历期. 昆虫学报, **30** ( 2 ): 175.
- 崔可伦. 1982. 广州地区白纹伊蚊的自育性. 昆虫学报, **25** ( 3 ): 256-259.
- 章文波, 陈红艳. 2006. 实用数据统计分析及 SPSS 12.0 应用. 北京: 人民邮电出版社, 89-121.
- 阎丙申, 辛宏业, 张应阔. 2002. 蚊虫蚊蝇驱避剂的研制. 医学动物防制, **18** ( 7 ): 337-338.
- 黄恩炯, 吴珍泉. 2005. 褐尾库蚊幼虫捕食行为的初步研究. 福建农林大学学报: 自然科学版, **34** ( 2 ): 177-180.
- Bai, M. G., K. Viswam, K. N. Panicker. 1982. *Culex (Lutzia) fuscans* (Diptera: Culicidae) a predator mosquito. *Indian J. Med. Res.*, **76**: 837-839.
- Ikeshoji, T. 1966. Bionomics of *Culex (Lutzia) fuscans*. *Jpn. J. Exp. Med.*, **36** ( 3 ): 321-334.

## STUDY ON THE PREDATION OF *CULEX FUSCANUS* ON *AEDES ALBOPICTUS* AND *CULEX QUINTEFASCIATUS*

HUANG Wēi<sup>1</sup> WU Xun<sup>2</sup> WU Zhen-Quan<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Biopesticide and Chemical Biology of Ministry of Education, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China;

2. Fujian Polytechnic of Information Technology, Fuzhou, Fujian 350001, China)

**Abstract** *Culex fuscans* is one of natural enemies of *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus*. The results showed that the individual daily predation of *Cx. fuscans* increased with larval growth and increasing of the prey density. *Cx. fuscans* preferred *Ae. albopictus* to *Cx. quinquefasciatus*, larvae to pupae. The size, density and mobility of prey affected the predation of *Cx. fuscans*. The individual daily predation of *Cx. fuscans* in 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> instar on *Ae. albopictus* ranged from 4~8, 8~13, 10~19 respectively. The function response of predation of *Cx. fuscans* in 2<sup>nd</sup>, 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> instar to the density of *Ae. albopictus* were  $y_2 = 1.0615 \ln(x) + 3.9494$  ( $R^2 = 0.9091$ ),  $y_3 = 2.7116 \ln(x) + 3.8863$  ( $R^2 = 0.8919$ ),  $y_4 = 5.7767 \ln(x) + 0.3940$  ( $R^2 = 0.9722$ ), respectively. The inflexion of trend were 3, 5, 10 individuals/100 cm<sup>3</sup> respectively. The function response of predation of the 4<sup>th</sup> instar of *Cx. fuscans* and density of *Cx. quinquefasciatus* were  $y = 1.4133 \ln(x) + 0.5334$  ( $R^2 = 0.952$ ), The inflexion of trend were 5 individuals/100 cm<sup>3</sup>. The predation of the 4<sup>th</sup> instar of *Cx. fuscans* feeding on *Ae. albopictus* was 4 times more than that on *Cx. quinquefasciatus*. When both pests exist, the predation of the 4<sup>th</sup> instar of *Cx. fuscans* feeding on *Ae. albopictus* was 15 times more than that on *Cx. quinquefasciatus*.

**Key words** *Aedes albopictus*; *Culex quinquefasciatus*; *Culex fuscans*; Predation

\* Author for correspondence