

白纹伊蚊抗高效氯氰菊酯和抗敌百虫品系的生物学特性及种群参数

郭凤英, 吴厚永, 李承毅

(军事医学科学院微生物流行病学研究所, 北京 100071)

摘要: 白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 抗高效氯氰菊酯和抗敌百虫品系的某些种群参数及生物学特性与敏感品系的比较具有显著差异, 两个抗药性品系之间差异也较明显。抗高效氯氰菊酯品系 (Rc) 的繁殖力强、平均世代历期短, 雌性个体比率高。抗敌百虫品系 (Rt) 有适合度缺陷、平均世代历期长, 雌性个体比率低。Rc 和 Rt 的孵化率均低于敏感品系。成虫死亡率由高到低依次为 Rt、Rc、S。综合分析得知, 高效氯氰菊酯刺激白纹伊蚊生殖、种群增长快。抗敌百虫白纹伊蚊明显地表现出生殖不利性, 种群加倍较慢。

关键词: 白纹伊蚊; 高效氯氰菊酯; 敌百虫; 种群参数; 生物学特性

中图分类号: Q 965.9 **文献标识码:** A

白纹伊蚊 *Aedes albopictus* Skuse 在我国北纬 32℃ 以南地区普遍发生, 该蚊吸血凶猛, 雌蚊主要在白天活动, 是登革热的主要媒介。拟除虫菊酯是防治蚊媒的一类高效杀虫剂, 昆虫对这类杀虫剂易产生抗药性。有机磷在蚊虫防治中使用历史较长、已经发展了抗性。淡色库蚊 *Culex pipiens pallens* Coquillett 对上述两类杀虫剂的抗性已有不少研究^[1,2], 国外还有关于埃及伊蚊 *Aedes aegypti* L. 对 DDT 抗性的报道^[3]。姚其方^[4]也曾报道了抗溴氰菊酯白纹伊蚊的生物学及实验种群动态。高效氯氰菊酯 (拟除虫菊酯类)、敌百虫 (有机磷类) 长期汰选白纹伊蚊, 探讨该蚊抗药性品系的种群参数和生物学特性的变化, 可为该蚊对这两种杀虫剂的抗性治理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试蚊及杀虫剂

军事医学科学院微生物流行病学研究所养虫室内饲养多年的白纹伊蚊北京品系为敏感品系, 抗药性品系用高效氯氰菊酯 (天津农药厂) 和敌百虫 (南京农药厂) 以种群死亡率 85% ~ 90% 的汰选压分别选育 8 代。敏感品系对高效氯氰菊酯和敌百虫的 LC₅₀ 分别为 0.0012 μg/L 和 0.1497 μg/L、抗药性品系则分别为 0.1411 μg/L 和 1.5643 μg/L。

1.2 实验方法

随机选取白纹伊蚊抗高效氯氰菊酯品系 (Rc)、抗敌百虫品系 (Rt) 和敏感品系 (S) —

定数量的卵放入盛有 500 mL 孵化水的带盖方盘中, 1 h 后把 500 头左右的初孵幼虫单头移入 40 mL 烧杯中常规饲养。记录孵化、化蛹、羽化等情况。24 h 内羽化的雌雄成虫各 50 头放入成虫饲养笼内, 饲以 8% 蔗糖水, 用小白鼠喂血, 隔日换糖水和小白鼠, 血餐 3 d 后放产卵纸并每天更换。记录成虫死亡数、雌虫产卵数。养虫室内温度 (27 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, RH (80 ± 5)%, 每天 14 h 光照。

2 结果与分析

2.1 种群参数

在昆虫种群生态学中, 净生殖率 (R_0)、内禀增长率 (r_m)、周限增长率 (λ)、平均世代历期 (T , 天) 和种群加倍时间 (t , 天) 等参数是表示种群数量动态和繁殖潜能的生物学指标。Rc、Rt 和 S 的种群参数见表 1。

表 1 白纹伊蚊抗药性和敏感品系的种群参数

Table 1 Population parameters of insecticide-resistant and susceptible strains of *Aedes albopictus*

品系 Strain	R_0	r_m	λ	T	t
Rc	102.10	0.1929	1.2128	23.98	3.59
Rt	49.12	0.1430	1.1537	27.24	4.85
S	72.83	0.1689	1.1840	25.39	4.10

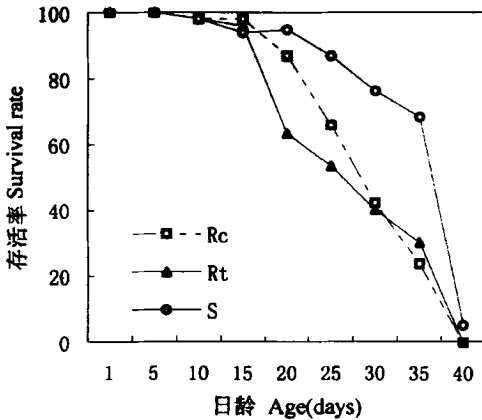


图 1 白纹伊蚊抗药性和敏感品系的存活曲线

Fig. 1 Survival curve of insecticide-resistant and susceptible strains of *Aedes albopictus*

反映了种群增长的快慢, 由表 1 得知, Rc 的 T 和 t 值分别比 S 缩短 1.41 天和 0.51 天; 而 Rt 品系则分别比 S 延长 1.85 天和 0.75 天。

R_0 是指昆虫经历一个世代所产生的雌性个体数, 它受到存活率和产卵率的影响。从表 1 可以看出, 3 个品系间的 R_0 值有明显差异, Rc 的净生殖率比 S 的高 40.2%, 而 Rt 的 R_0 则比 S 低 32.6%。显示了白纹伊蚊对高效氯氰菊酯和敌百虫产生抗性后种群增长快慢明显不同。Rc 和 Rt 相比, 它们的 R_0 差异也很明显, Rc 是 Rt 的 2.1 倍, 表明白纹伊蚊对不同类型的杀虫剂产生抗性后具有不同的繁殖力。

r_m 是表示种群在一定环境条件下增殖潜力的一个重要参数, 它是存活率、产卵量、发育速度对种群数量变动影响的一个综合指标。 λ 是种群在特定条件下经历单位时间后的增长倍数, 本研究结果是 r_m 和 λ 表现出与 R_0 相似的变化趋势。

平均世代历期 (T) 和种群加倍时间 (t) 反

2.2 存活曲线

Rc、Rt 和 S 品系的存活曲线见图 1。Rc 和 Rt 的存活曲线和 S 的有所不同。1~10 日龄(卵期、幼虫期、蛹期)各品系存活率几乎稳定在一个水平线上,之后(11~40 日龄,成虫期)随该蚊日龄的增加,抗药性品系的存活率下降较快,敏感品系的下降较慢。抗药性品系比敏感品系有较高的死亡率。Rc 和 Rt 相比,Rt 的死亡率较高。以蚊虫日龄为自变量(t),存活率为因变量(S_p)拟合模型如下:

$$S_p(t) = e^{-\left(\frac{t}{b}\right)^c} \quad (t, c, b > 1) \quad (1)$$

$$S_p(t)_{Rc} = e^{-\left(\frac{t}{34.7220}\right)^{3.5168}} \quad (2)$$

$$S_p(t)_{Rt} = e^{-\left(\frac{t}{32.5022}\right)^{3.2234}} \quad (3)$$

$$S_p(t)_S = e^{-\left(\frac{t}{41.6432}\right)^{3.0085}} \quad (4)$$

模型(1)中, S_p 是年龄 t 时的存活率, b 为尺度参数, c 为形状参数。模型(2)~(4)的 c 值均大于1,存活曲线属于3个基本类型的I型。表明绝大多数个体均能实现其平均寿命,待达到其固有的寿命时几乎同时死亡^[5~7]。

2.3 相对适合度

以抗药性品系和敏感品系 R_0 之比表示抗药性白纹伊蚊的相对适合度(Rf),结果是Rc和Rt的Rf值分别为1.40和0.67。Rc的Rf值大于1,表明白纹伊蚊对高效氯氰菊酯产生抗性以后繁殖力增强,而Rt的Rf值小于1,显示抗敌百虫白纹伊蚊存在适合度缺陷。

2.4 生物学特性

白纹伊蚊抗高效氯氰菊酯品系和抗敌百虫品系的某些生物学指标见表2。抗药性和敏感

表2 抗药性和敏感性白纹伊蚊的生物学指标*

Table 2 Biological index of insecticide-resistant and susceptible strains of *A. albopictus*

品系 Strain	Rc	Rt	S
产卵量(粒/♀) Fecundity (egg/♀)	112.2±12.2 cC	75.6±4.9 bA	78.5±5.8 aA
孵化率(%) Hatch percentage (%)	86.7±5.7 bB	77.6±2.3 cC	92.3±9.1 aA
化蛹率(%) pupation percentage (%)	98.8±9.7 aA	98.2±11.3 aA	99.2±6.0 aA
羽化率(%) emergence percentage (%)	99.2±5.8 aA	98.2±12.1 aA	98.4±7.7 aA
性比(♀:♂) sex rate (♀:♂)	1:0.96 cB	1:1.35 aA	1:1.05 bB
吸血率(%) blooding percentage (%)	96.2±3.2 aA	95.5±8.3 aA	96.8±6.4 aA
幼虫期(天) larva duration (day)	6.3±1.1 aA	6.0±1.3 aA	6.0±1.6 aA
蛹期(天) pupa duration (day)	2.2±0.7 aA	2.1±0.5 aA	2.2±0.4 aA
♀虫寿命(天) female life-span (day)	17.0±1.6 cC	19.2±1.7 aAC	21.7±2.4 aA
♂虫寿命(天) male life-span (day)	14.6±1.6 bA	7.3±0.4 cC	19.7±2.3 aA

*表中数据为 $\bar{x} \pm SD$,大写、小写字母不同者分别表示极显著($P < 0.01$)和显著($P < 0.05$)差异

*The data in this table are mean \pm SD, capital and small letters show the difference at $P < 0.01$ and $P < 0.05$, respectively

品系的产卵量有显著差异,Rc有较大的繁殖力,而Rt的产卵量明显低于S品系,两抗药性品系相比则是Rc的繁殖力明显大于Rt,这一现象也清楚地表现在相对适合度的差异中。两个抗药性品系的孵化率均低于敏感品系,化蛹率、羽化率、吸血率和S品系相比无显著差异。

从 3 个品系的性比看, R_c 有较高的雌性比率, R_t 有较高的雄性比率。比较抗药性和敏感白纹伊蚊生长发育的快慢, 幼虫期和蛹期差异不明显。雌成虫寿命是 S 最长, R_c 显著缩短, R_t 虽然也短于 S , 但差异达不到显著水平。 R_c 和 R_t 的雄性成虫寿命都明显比 S 的短, R_t 的雄性成虫寿命最短, 平均仅为 7.3 天, 这一结果是与白纹伊蚊对敌百虫的抗性有关, 还是与其它因素有关有待研究。

3 讨论

昆虫对杀虫剂抗性的产生主要依赖于杀虫剂的选择压力。杀虫剂作为诱导因子使昆虫基因发生改变、蛋白质表达不同, 致使抗药性昆虫生理、生化及生物学、生态学指标有所变异。已有不少研究表明, 抗药性昆虫有适合度缺陷^[1,4,8], 也有报道显示某些杀虫剂能刺激昆虫增殖^[9]。本实验结果是白纹伊蚊抗药性和敏感品系之间有些生物学和生态学指标显著不同, 并且抗高效氯氰菊酯和抗敌百虫品系相比亦有明显差异。该蚊抗高效氯氰菊酯品系有较高的净生殖率、内禀增长率和周限增长率, 平均世代历期和种群加倍时间均短于敏感品系, 表明其生命力和繁殖力明显增大, 种群增长较快。曾有报道溴氰菊酯对棉蚜有刺激增殖作用^[9], 本实验和这一结果一致。姚其方^[4]对抗溴氰菊酯白纹伊蚊的研究结果是: 净生殖率和内禀增长力比敏感品系的小, 和本研究结果相反, 说明白纹伊蚊对同类不同种杀虫剂抗性的生物学机制不同。也有研究表明抗溴氰菊酯的淡色库蚊和微小按蚊及抗敌百虫、双硫磷、毒死蜱的淡色库蚊具有繁殖不利性^[1,8]。本研究中抗敌百虫白纹伊蚊 R_0 、 r_m 、 λ 均小于敏感品系, R_f 仅为 0.67, T 和 t 值较大。表明抗敌百虫的白纹伊蚊种群增长较慢、繁殖力减小, 具有适合度缺陷。从生物学指标分析也有相同的结论。上述结果表明白纹伊蚊生物学及生态学的变异与杀虫剂种类有关。

3 个品系的存活曲线均属于 I 型, 白纹伊蚊无论是抗高效氯氰菊酯品系还是抗敌百虫品系在成虫期均有较高的死亡率, 两个抗药性品系相比, R_t 的死亡率高于 R_c 。蚊虫吸血、传病、骚扰等对人类的危害主要是成虫阶段, R_t 成虫死亡率较高更利于对抗敌百虫蚊媒的治理。从性比来看, R_c 雌体显著多于 S 的雌体, 蚊媒吸血、传病都是雌性, 所以抗高效氯氰菊酯白纹伊蚊的危害性更大。 R_t 雌性比率小, 其传病及危害相对较小。杀虫剂引起抗药性昆虫性比的改变可能是药剂诱变性染色体和各种激素控制的结果。

昆虫是一个复杂的有机体, 杀虫剂对其生理、生化及生物学、生态学的影响是多方面的, 抗高效氯氰菊酯的白纹伊蚊繁殖力强, 平均世代历期短, 短期内能形成较大的种群, 用该杀虫剂长期防治白纹伊蚊, 其抗性会很快产生, 如气候条件适宜、又有一定的种群基数, 可能会造成大发生, 这种半家栖蚊种一旦猖獗不但骚扰人类正常生活而且吸血传播流行病(病原存在时)的机率增加。因此, 高效氯氰菊酯不宜单独使用防治白纹伊蚊。该蚊对敌百虫产生抗性后则表现出明显的适合度缺陷, 这种抗性个体的生殖不利性是治理抗药性蚊虫的一个重要依据, 由于抗性基因对种群的繁殖和发育产生不利影响, 停止用药后, 抗性蚊虫可能会自然淘汰。高效氯氰菊酯虽高效低毒, 但该蚊产生抗性后, 种群数量易快速增加, 不利于抗药性白纹伊蚊的治理。敌百虫对哺乳动物的毒性虽稍高于高效氯氰菊酯, 但抗敌百虫的白纹伊蚊生命力较弱。因此, 作者认为, 在白纹伊蚊的防治中, 室内滞留喷洒可选择其它菊酯类杀虫

剂,室外防治白纹伊蚊可用敌百虫与其它杀虫剂轮用以延缓抗药性的发展,提高防治效果。

致谢 西南农业大学赵志模教授审全文并提出宝贵的修改意见,特此致谢。

参 考 文 献 (References)

- [1] 孙立新,朱昌亮,高晓红等.淡色库蚊抗溴氰菊酯品系和敏感品系的生物学特性研究.南京医科大学学报,1998,18(5):410~412
- [2] 王金福,陆绍红,陈睿等.淡色库蚊三种有机磷抗性品系的相对适合度分析.寄生虫与医学昆虫学报,1997,4(3):145~149.
- [3] Chadwick P R, Invest J F, Bowron M J. An example of cross-resistance to pyrethroids in DDT-resistant *Aedes aegypti*. Pestic. Sci. 1977, 8: 618~624
- [4] 姚其方.抗溴氰菊酯白纹伊蚊的生物学特性及实验室种群动力学研究.中国媒介生物学及控制杂志,1995,6(3):165~167
- [5] 丁岩钦.昆虫数学生态学.北京:科学出版社,1994,181~184
- [6] 黄明度,郑德胜,李树新等.柑桔潜叶蛾周年种群动态及防治策略的研究.柑桔害虫综合治理论文集.科学书刊出版社,1989,63~74
- [7] Pinder J E, Wiener J G, Smith M H. The Weibull distribution: A new method of summarizing survivorship data. Ecology. 1978, 59(1):175~179
- [8] 叶奕英,许政拱,吴能.微小按蚊长期接触低剂量溴氰菊酯后生理活动和繁殖特性的动态观察.中国媒介生物学及控制杂志,1992,3(6):342~345
- [9] 丁金凤,慕立义,王开运.4种棉蚜抗药性种群的生命力及繁殖力.植物保护学报,1996,23(1):73~78

The population parameters and biological characteristics of high effective cypermethrin-resistance and trichlorphon-resistance strains of *Aedes albopictus*

GUO Feng-ying, WU Hou-yong, LI Cheng-yi

(Institute of Microbiology and Epidemiology, Beijing 100071)

Abstract: Biological characteristics and population parameters of the high effective cypermethrin-resistant (Rc) and trichlorphon-resistant (Rt) *Aedes albopictus* were significantly different compared with that of the susceptible strain (S). The difference between the two resistant strains was significant too. The greater fecundity, shorter time of life cycle, and the higher rate of female were detected in Rc strain than in Rt one. The latter had obvious defect in fitness. Hatching rate of both Rc and Rt strains were lower than that of the S strain. The imaginal mortality was $Rt > Rc > S$. The results show that the high effective cyperme-thrin could stimulate oviposition and enhance population growth of the mosquito.

Key words: *Aedes albopictus*; high effective cypermethrin, trichlorphon, population parameter, biological characteristics