

文章编号: 1000-7423(2012)-01-0017-03

【新视野】

蚊虫的摄糖习性及其在蚊虫控制中应用的研究进展

姜进勇^{1,2}, 马雅军^{1*}, 周红宁²

【摘要】 多个蚊种的雌雄成蚊均需通过摄取自然界中的糖分以获得维持其正常生理活动所需的能量, 针对该习性研制的带毒糖诱剂(ATSB)初步应用显示, 其可明显减少蚊虫种群数量。本文对近年蚊虫摄糖习性及其在蚊虫控制中的应用研究进展作简要介绍。

【关键词】 蚊; 摄糖; 带毒诱剂

中图分类号: R384.11 文献标识码: A

Research Progress on the Sugar-feeding Behavior of Mosquitoes and its Application in Mosquito Control

JIANG Jin-yong^{1,2}, MA Ya-jun^{1*}, ZHOU Hong-ning²

(1 Department of Pathogen Biology, The Second Military Medical University, Shanghai 200433, China; 2 Yunnan Provincial Institute of Parasitic Diseases, Puer 665000, China)

【Abstract】 The energy of the physiological activities for both male and female mosquitoes is provided by feeding sugar outdoors. The attractive toxic sugar bait (ATSB) was developed according to the behavior, and showed a good result in reducing mosquito population size. This paper introduces the progress on the sugar-feeding behavior of mosquitoes and application in vector-borne disease control.

【Key words】 Mosquito; Sugar-feeding; Attractive toxic sugar bait

Supported by a Joint Fund of the National Natural Science Foundation of China and Yunnan Government (No. U0932604)

* Corresponding author, E-mail: yajunm@yahoo.com.cn

蚊虫作为多种病原体的媒介, 在疾病的传播中扮演着重要角色, 蚊媒病(如疟疾、丝虫病、登革热、黄热病和流行性乙型脑炎等)是危害严重的公共卫生问题。蚊虫防制是有效控制蚊媒病的重要环节, 目前在现场较多采用的是化学杀虫剂浸泡蚊帐和室内滞留喷洒等, 上述方法对降低疾病传播强度和疾病负担起到了重要作用, 但也产生了一些负面的问题, 如蚊虫对杀虫剂的抗性水平不断增高, 且扩散日趋严重, 生态系统也受到了一定程度的影响。探索新的蚊虫防制方法已引起研究者们的高度关注, 本文就蚊虫在自然界中摄取糖分的习性, 及其应用该习性研制新型蚊虫防制方法的最新研究进展进行简要介绍。

1 蚊虫摄取糖分的习性

1.1 雌、雄蚊均有摄糖的行为 众所周知, 雄蚊主

要通过获取自然界中的糖分以提供日常活动所需的能量, 雌蚊需要吸取动物或人的血液, 其卵巢才能发育以繁衍后代。室温 27 °C 时, 体型相当的冈比亚按蚊(*Anopheles gambiae*)雄蚊, 在无糖分的条件下, 仅能平均存活 2.5 d, 而提供糖时寿命平均为 4.0 d^[1]。然而, 在相当长的时间内, 人们对于雌蚊是否摄取自然界中糖分这一概念是模糊的。有研究者检测室内捕获的雌蚊, 解剖后在体内未发现植物组织成分, 且果糖成分检测也为阴性, 因此认为雌蚊很少或者根本不摄取糖分^[2]。而其他一些研究者在检测野外捕获的雌蚊时发现, 其体内有植物组织成分、或果糖成分阳性, 故认为摄取自然界中的糖分也是雌蚊摄食行为的组成部分^[3]。经多年的研究, 目前已达成共识, 即多数种类的雌蚊需通过摄取自然界中的糖分, 以获得维持其正常生理活动的能量。

已有的调查发现, 蚊虫所摄取的糖主要来源于野外植物的花、茎或叶, 也可以是同翅目昆虫分泌的蜜露^[4,5], 成熟和腐败的果实是另一主要来源^[6]。在糖资源丰富的季节或地区, 蚊虫优先选择从花卉中获取糖

基金项目: 国家自然科学基金委员会-云南省人民政府联合基金 (No. U0932604)

作者单位: 1 第二军医大学病原生物学教研室, 上海 200433; 2 云南省寄生虫病防治所, 普洱 665000

* 通讯作者, E-mail: yajunm@yahoo.com.cn

分；而当花期植物少或植物未开花时，糖资源缺乏，蚊虫则主要摄食茎或叶中的糖分。

1.2 蚊虫对糖来源植物的偏好性 自然界中不是所有的植物都适合蚊虫摄糖，有些植物会散发一些特殊的气味或者化学物质，驱散靠近的蚊虫，如夜来香、薰衣草和驱蚊草等。正如有些蚊种雌蚊嗜吸人血，有些则嗜吸动物血，不同蚊虫种类对糖来源的植物也具有选择性偏好。Muller 等^[7]对非洲马里沙漠地区花期植物或果实和果实荚膜进行了蚊虫选择性偏好的研究，结果显示，在 26 种花期植物中冈比亚按蚊雌蚊喜好从 9 种植物中摄糖，即滇刺枣 (*Ziziphus mauritiana*)、微白金合欢 (*Acacia albida*)、阿拉伯金合欢 (*Acacia nilotica*)、阿拉伯刺槐 (*Acacia macrostachya*)、阿拉伯胶树 (*Acacia senegal*)、夹竹桃 (*Leptadenia pyrotechnica*)、沙枣 (*Elaeagnus angustifolia*)、非洲楝 (*Guiera senegalensis*) 和猪屎豆属植物 (*Crotalaria* sp.)，前 8 种也受到该蚊种雄蚊的偏爱，其中阿拉伯刺槐对冈比亚按蚊引诱力最强；在 26 种果实和果实荚膜中雌蚊喜好其中 5 种，即番石榴 (*Psidium guajava*)、甜瓜 (*Cucumis melo*)、长豆角 (*Piliostigma reticulatum*) 荚膜、榕树 (*Ficus thonningii*) 果和甘蔗 (*Saccharum officinarum*)，前 4 种也受到雄蚊的偏爱，若加上微白金合欢果，其中引诱力最强的是番石榴。Muller 等^[8]在进一步的研究中发现，白纹伊蚊 (*Aedes albopictus*) 对 4 种室内种植的花、4 种野外的花、破损并发酵的果实荚膜和 5 种过熟的果实均具有摄食偏好，而不选择新鲜果实和完好的果实荚膜；同时发现供试漆树 (*Rhus verniciflua*) 上的棉蚜虫 (*Aphis gossypii*)、夹竹桃上的蚜虫 (*Aphis* sp.) 和胡杨树 (*Populus euphratica*) 上的蛾分泌的蜜露对白纹伊蚊无吸引力。在以色列海滨地区进行的调查中发现，白纹伊蚊最喜爱摄取当地长豆角荚膜中的糖分；同时发现不同种类的蚊虫摄糖的时间也不尽相同，观察期内白纹伊蚊于 19:05~19:20 开始摄取糖分，而尖音库蚊 (*Culex pipiens*) 等库蚊最早在 20:02~20:14 开始，到观察结束时的 23:00，库蚊还在继续摄糖，而伊蚊在 21:30 后则无摄糖行为^[9]。另外，冈比亚按蚊雌蚊在花期植物上活动的高峰是傍晚和黎明^[10]。

2 摄糖习性对蚊虫生物学特点和传播疾病的影响

Gary 等^[11]研究表明，包括冈比亚按蚊在内的多种蚊虫通过对糖的利用，可延长寿命，并减少吸血的频率。观察发现，若仅供水时冈比亚按蚊生存时间平均仅 3.0 d，当摄取黄钟花 (*Tecoma stans*)、长穗决明 (*Senna didymobotrya*)、蓖麻 (*Ricinus comunis*)、希

茉莉 (*Hamelia patens*)、马缨丹 (*Lantana camara*) 和银胶菊 (*Parthenium hysterophorus*) 等的花蜜时，则平均寿命分别增加至 13.4、11.6、11.4、7.7、7.2 和 4.7 d^[12]。Braks 等^[13]比较了白纹伊蚊和埃及伊蚊 (*Ae. aegypti*) 吸人血与既吸人血又摄糖的蚊虫寿命，结果显示，仅吸人血的平均生存天数明显短于既吸人血又摄糖的个体 (埃及伊蚊分别为 38.09 d 和 57.18 d，白纹伊蚊分别为 30.91 d 和 51.11 d)。Gu 等^[3]通过标记-释放-再捕获法对以色列南部近沙漠地区糖资源丰富和缺乏场所的萨氏按蚊 (*An. sergentii*) 进行观察，发现在糖资源丰富的场所，萨氏按蚊的种群数量大、生殖营养周期短、存活率高，且传播疾病的媒介效能也高。多名研究者的研究证实，蚊虫对自然界中糖资源的利用可影响其种群数量和传病效能。

3 蚊虫的摄糖行为在蚊虫防制中的应用

国外研究者针对蚊虫需获取自然界糖分的习性，设计了一种新的蚊虫控制方法，即带毒糖诱剂 (Attractive toxic sugar bait, ATSB)，ATSB 的主要成分为红酒、红糖、食用染色剂和杀虫剂等。将 ATSB 置入特殊容器悬挂空中，或喷洒于植物表面可诱杀蚊虫，初步应用显示效果良好，且对环境无任何影响。Muller 等^[14]在以色列沙漠地区应用 ATSB 进行蚊虫控制实验，在实验区使用的 1 个月内监测，里海伊蚊 (*Ae. caspius*) 和萨氏按蚊数量明显减少，而对照区内的 2 种蚊虫的种群数量无变化。通过在以色列东部某修道院的蓄水池上悬挂 ATSB，发现可有效杀灭带棒按蚊 (*An. claviger*)，且能够在短期内快速降低种群数量^[15]。相似的研究在美国佛罗里达州奥古斯丁北部地区也有开展，由于大量的致倦库蚊 (*Cx. quinquefasciatus*) 在该地区地下排水系统中孳生，故在各井盖口悬挂 ATSB，结果显示，83.7% 的雌蚊和 86.6% 的雄蚊被杀灭，且不污染水体^[16]。Muller 等^[17]在西非马里的植物表面喷洒 ATSB，喷洒地区的冈比亚按蚊密度减少了 90%。

4 结语和展望

近年的研究显示，多种蚊虫的雌蚊可通过摄取自然界中的糖分提供除产卵以外的各种生理活动所需的能量；不同种类的蚊虫在摄糖偏好性上存在差异，摄糖习性对蚊虫的生物学特点和传病效能可产生一定影响；针对蚊虫的摄糖行为研制的 ATSB，初步应用效果良好。然而，关于雌蚊摄取自然界糖分之事仍有许多问题尚待阐明，如自然界中有足够的血源时，是否还需摄糖，吸血后是否还需摄糖，是否所有的蚊种均需摄糖等。另外，基于蚊虫的生态习性研制更多的新

型蚊虫控制方法也是未来研究的主要方向。

参 考 文 献

- [1] Gary RE, Cannon JW. Effect of sugar on male *Anopheles gambiae* mating performance, as modified by temperature, space, and body size [J]. Parasit Vectors, 2009, 2(1): 19-31.
- [2] Beier JC. Frequent blood-feeding and restrictive sugar-feeding behavior enhance the malaria vector potential of *Anopheles gambiae* s.l. and *An. funestus* (Diptera: Culicidae) in western Kenya [J]. J Med Entomol, 1996, 33(4): 613-618.
- [3] Gu W, Muller G. Natural plant sugar sources of *Anopheles* mosquitoes strongly impact malaria transmission potential [J]. PLoS One, 2011, 6(1): e15996.
- [4] Mauer DJ, Rowley WA. Attraction of *Culex pipiens pipiens* (Diptera: Culicidae) to flower volatiles [J]. J Med Entomol, 1999, 36(4): 503-507.
- [5] Impoinil DE, Kongere JO. Feeding and survival of the malaria vector *Anopheles gambiae* on plants growing in Kenya [J]. Med Vet Entomol, 2004, 18(2): 108-115.
- [6] Joseph SR. Fruit feeding of mosquitoes in nature [J]. Proc N J Mosq Extermin Assoc, 1970, 57: 125-131.
- [7] Muller G, Beier JC. Field experiments of *Anopheles gambiae* attraction to local fruits/seedpods and flowering plants in Mali to optimize strategies for malaria vector control in Africa using attractive toxic sugar bait methods [J]. Malar J, 2010, 9(1): 262-272.
- [8] Muller G, Xue R, Schlein Y. Differential attraction of *Aedes albopictus* in the field to flowers, fruits and honeydew [J]. Acta Trop, 2011, 118(1): 45-49.
- [9] Muller G, Xue R, Schlein Y. Seed pods of the carob tree *Ceratonia siliqua* are a favored sugar source for the mosquito *Aedes albopictus* in coastal Israel [J]. Acta Trop, 2010, 116(3): 235-239.
- [10] Yuval B. The other habit: sugar feeding by mosquitoes [J]. Bull Soc Vector Ecol, 1992, 17: 150-156.
- [11] Gary RE, Foster JR. Effects of available sugar on the reproductive fitness and vectorial capacity of the malaria vector *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) [J]. J Med Entomol, 2001, 38(1): 22-28.
- [12] Manda H, Gouagna LC, Foster WA, et al. Effect of discriminative plant-sugar feeding on the survival and fecundity of *Anopheles gambiae* [J]. Malar J, 2007, 6(1): 113-123.
- [13] Braks MAH, Juliano SA. Superior reproductive success on human blood without sugar is not limited to highly anthropophilic mosquito species [J]. Med Vet Entomol, 2006, 20(1): 53-59.
- [14] Muller G, Schlein Y. Sugar questing mosquitoes in arid areas gather on scarce blossoms that can be used for control [J]. Int J Parasitol, 2006, 36(10): 1077-1080.
- [15] Muller G, Schlein Y. Efficacy of toxic sugar baits against adult cistern-dwelling *Anopheles claviger* [J]. Trans R Soc Trop Med Hyg, 2008, 102(5): 480-484.
- [16] Muller G, Junnila A. Control of *Culex quinquefasciatus* in a storm drain system in Florida using attractive toxic sugar baits [J]. J Med Entomol, 2010, 24(4): 346-351.
- [17] Muller GC, Beier JC, Traore SF, et al. Successful field trial of attractive toxic sugar bait plant-spraying methods against malaria vectors in the *Anopheles gambiae* complex in Mali [J]. Malar J, 2010, 9(1): 210-216.
- (收稿日期: 2011-07-13 编辑: 瞿麟平)
-
- (上接第 16 页)
- [7] Zhang KY, Zhou JX, Wu Z, et al. Susceptibility of *Plasmodium falciparum* to chloroquine, piperazine, amodiaquine, mefloquine and quinine with *in vitro* microtechnique in Hainan Island [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 1987, 5(3): 165-169. (in Chinese)
(张坤炎, 周洁娴, 伍柱, 等. 应用体外微量法测定海南岛恶性疟原虫对氯喹、哌嗪、氨基喹、甲氧喹及奎宁的敏感性 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1987, 5(3): 165-169.)
- [8] Yang HL, Yang PF, Liu DQ, et al. Sensitivity *in vitro* of *Plasmodium falciparum* to chloroquine, pyronaridine, artesunate and piperazine in south Yunnan [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 1992, 10(3): 198-200. (in Chinese)
(杨恒林, 杨品芳, 刘德全, 等. 云南南部恶性疟原虫对氯喹、咯萘啶、青蒿琥酯、哌嗪敏感性的体外测定 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1992, 10(3): 198-200.)
- [9] Liu DQ, Liu RJ, Zhang CY, et al. Present status of the sensitivity of *Plasmodium falciparum* to antimalarials in China [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 1996, 14(1): 37-41. (in Chinese)
(刘德全, 刘瑞君, 张春勇, 等. 我国恶性疟原虫对抗疟药敏感性的现状 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1996, 14(1): 37-41.)
- [10] Davis TM, Hung TY, Sim IK, et al. Piperazine: a resurgent antimalarial drug [J]. Drugs, 2005, 65(1): 75-87.
- [11] Guo H, Zhou LM, Pan ZY, et al. Development of piperazine-resistant line of *Plasmodium berghei* ANKA strain and characteristics of its resistance phenotypes [J]. J Hainan Med Coll, 2011, 17(7): 865-869, 875. (in Chinese)
(郭虹, 周利民, 潘在用, 等. 伯氏疟原虫哌嗪抗性系的建立及其抗性表型特征观察 [J]. 海南医学院学报, 2011, 17(7): 865-869, 875.)
- [12] Kiboi DM, Irungu BN, Langat B, et al. *Plasmodium berghei* ANKA: Selection of resistance to piperazine and lumefantrine in a mouse model [J]. Exp Parasitol, 2009, 122(3): 196-202.
- [13] Mackinnon MJ, Marsh K. The selection landscape of malaria parasites [J]. Science, 2010, 328(5980): 866-871.
- [14] Chen KQ, Zhu HM, Ni CR, et al. Maturation of dendritic cells and activation of B-lymphocytes in spleens of ICR mice infected with chloroquine-resistant *Plasmodium berghei* [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2008, 26(1): 1-5. (in Chinese)
(陈克强, 朱淮民, 倪灿荣, 等. 伯氏疟原虫氯喹抗性株感染 ICR 小鼠脾脏树突状细胞成熟和 B 细胞活化 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2008, 26(1): 1-5.)
- [15] Chen G, Liu J, Wang QH, et al. Effects of CD4(+)CD25(+) Foxp3(+) regulatory T cells on early *Plasmodium yoelii* 17XL infection in BALB/c mice [J]. Parasitology, 2009, 136(10): 1107-1120.
- [16] Wykes MN, Good MF. What really happens to dendritic cells during malaria? [J]. Nat Rev Microbiol, 2008, 6(11): 864-870.
(收稿日期: 2011-06-27 编辑: 杨频, 张争艳)