南京江宁旱稻种植区农户和稻田成蚊发生的高相关性*

杨维芳[1**] 何隆华[2] 褚宏亮[1] 刘大鹏[1] 张育富[1]
陈红娜[1] 周明浩[1***]

（1. 江苏省疾病预防控制中心 南京 210009；2. 中国科学院南京地理与湖泊研究所 南京 210008）

摘 要 **【目的】**了解旱稻种植区农户和稻田成蚊发生规律及其相关性。**【方法】** 7—10 月在 3 个成对的农户和稻田调查点，二氧化碳诱蚊灯法采集成蚊。Kruskal-Wallis 和 Kendall's W 分别分析组内（农户、稻田）和组间（农户和稻田间）的成蚊发生差异。线性回归法分析农户和稻田成蚊发生关系。**【结果】** 南京江宁旱稻生长期农户和稻田捕获成蚊 4 种，三带喙库蚊 *Culex tritaeniorhynchus* 为绝对优势种（优势度>98%）；7—10 月间成蚊发生具显著的波峰和波谷消长态势。3 个调查点农户间、稻田间、农户和稻田间的成蚊密度均无显著差异，7—10 月间农户和稻田成蚊发生高线性相关（相关系数 R^2=0.64，P＜0.01，n=21）。**【结论】** 旱作水稻田依然是蚊虫（成蚊和幼蚊）主要的野外生存环境；农村稻区的蚊虫防治、乙脑等蚊媒传染病的预防控制应充分考虑当地稻田情况，以大稻区为整体开展相关防治工作。

关键词 旱稻种植区，成蚊多度，三带喙库蚊，Kruskal-Wallis 检验，Kendall's W 检验，回归分析

High concordance of adult mosquito population dynamics in peasant households and dry rice paddies in suburban Nanjing

YANG Wei-Fang[1**] HE Long-Hua[2] CHU Hong-Liang[1] LIU Da-Peng[1] ZHANG Yu-Fu[1]
CHEN Hong-Na[1] ZHOU Ming-Hao[1***]

(1. Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention, Nanjing 210009, China; 2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China)

Abstract **[Objectives]** To determine the relationships between adult mosquito population dynamics of peasant households and dry rice paddies. **[Methods]** We used CO_2 -light mosquito traps to collect adult mosquitoes at 3 paired households and paddy sampling spots semi-monthly from July to October in suburban Nanjing. We applied Kruskal-Wallis and Kendall's W methods to test the intra-group (households or paddies) and inter-group (households and paddies) difference in adult mosquito densities, and regression analysis to determine the relationship between adult mosquito temporal dynamics of households and paddies. **[Results]** The local mosquito community was comprised of only 4 species, and dominated by *Culex tritaeniorhynchus* which comprised more than 98% of all specimens captured. Mosquito temporal dynamics were characterized by peaks and troughs in both households and paddies. We found no significant differences in either intra or inter-group mosquito densities. In addition, semi-monthly mosquito densities in households and paddies had a significant linear relationship (R^2=0.64). **[Conclusion]** Dry rice paddies are still the major habitat of mosquitoes in both suburban and rural areas. Rural mosquito control, as well as Japanese encephalitis prevention and control, should take rice paddies into consideration.

* 资助项目 Supported projects：国家自然科学基金面上项目（批准号 41271418）；国家科技重大专项“十二五”课题“重要病媒生物监测和传播相关病原体检测技术研究”（编号：2012ZX10004219）；“十二五”科教兴卫工程“突发公共卫生事件应急处置创新平台”基金项目（ZX201109）

**第一作者 First author，E-mail：weifangyang2002@aliyun.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：zmh@jscdc.cn

收稿日期 Received：2015-06-23，接受日期 Accepted：2015-06-30

Key words　dry rice planting area, adult mosquito abundance, *Culex tritaeniorhynchus*, Kruskal-Wallis test, Kendall's W test, regression analysis

稻田是蚊虫（成蚊和幼蚊），特别是中华按蚊 *Anopheles sinensis* 和三带喙库蚊 *Culex tritaeniorhynchus* 等病媒蚊虫的重要孳生地，水稻种植区是流行性乙型脑炎（JE）、疟疾等蚊媒传染病的高发区（Chandler and Highton，1975；Service，1993；Keisera J，2005；Muturi，2007；李佳和周红宁，2008）。稻区优势蚊种三带喙库蚊多度与区域内稻田面积存在显著的线性相关（Mogi，1978；Muturi，2006；刘美德等，2007；Erin *et al.*，2010；Buckner *et al.*，2011），农业稻田面积应涵盖在乙脑风险预测研究中。为有效降低稻区蚊虫的骚扰危害、减轻乙脑和疟疾等蚊媒传染病的疾病负担，湿润灌溉、间歇灌溉替代淹灌水泡，是一个较好的增产、省水和灭蚊的措施（葛凤祥和孙正，1981；曹晓斌，2012）。水稻旱作与传统水稻种植不同，其充分利用自然降水，具有节约农业用水、降低生产成本、提升经济效益的特点，目前在河南、江苏、安徽（皖南地区）、山东黄淮流域和陕西汉中等地区夏播种植。但是关于旱稻田蚊虫发生规律及其与稻田周边农户家蚊虫发生之间的关系鲜有报道。为了解江苏省旱稻种植区的稻田和周边农户的蚊虫发生特点和关系，有效防控旱稻种植区流行性乙型脑炎（JE）和疟疾等蚊媒传染病，我们于 2013 年在南京江宁的旱稻区开展了相关研究。

1　材料与方法

1.1　实验器材

1.1.1　二氧化碳诱蚊灯　MT-3 型，北京斯内克创新科技有限公司生产。

1.1.2　其他器材　GPS 定位仪，型号为 Magellan® Triton™ 500；温湿度计，型号为 AZInstrument 8918；照度计，型号为 Hyelec MS6612。

1.2　研究区域

在南京市江宁区旱稻种植区，选择 3 个调查点，分别位于 1 号点（31°51'36.9"N，118°54'49.5"E）、2 号点（31°48'24.7"N，118°57'9.7"E）和 3 号点（31°49'1.6"N，118°57'52.0"E）。

1.3　实验方法

1.3.1　蚊虫调查　选择二氧化碳诱蚊灯法采集成蚊。2013 年 7—10 月，于南京江宁旱稻种植季节，于上述 3 个调查点分别选择农户和稻田各 3 处，调查时在农户居所外和稻田处布灯，每农户及每稻田各布 1 灯，布灯位置应尽量选择远离人群和灯光干扰处；于 18:30—20:30 成蚊活动高峰时段进行，CO_2 流量为 0.6 L/min，压力 5 MP；每月 2 次，2 次调查时间间隔在 15 d 左右，如遇风雨天气（风力 5 级以上）顺延。对野外调查采集的样品分别标签，冷冻处理后，实验室内进行分类鉴定。

1.3.2　数据处理

成蚊密度指数根据以下公式计算。

成蚊密度（只/h）=捕获蚊虫数（只）/捕获时间（h）

各调查点组内（农户、稻田）成蚊密度差异性分析采用非参数独立样本的 Kruskal-Wallis 检验；组间（农户和稻田间）成蚊密度差异性分析选择非参数相关样本的 Kendall's W 检验。检验时将同一地点不同时间的调查样本作为重复样本处理。农户与稻田成蚊密度采用一般线性回归分析，分析前成蚊密度进行 Log_{10} 处理。

2　结果与分析

2.1　稻区蚊虫

本次调查捕获成蚊 3 属 4 种，16 293 只，其中雌蚊 16 104 只，占 98.84%；4 种成蚊分别为三带喙库蚊、淡色库蚊 *C. pipiens pallens*、中华按蚊和常型曼蚊 *Mansonia uniformis*，其中三带喙库蚊的构成百分比为 98.97%，是水稻种植区

表 1　南京江宁旱稻种植区蚊虫的丰富度

Table 1　Mosquito abundance in dry rice planting area of Jiangning District, Nanjing City

	总蚊数 Total individuals	雌蚊 Female		三带喙库蚊 *C. tritaeniorhynchus*		淡色库蚊 *C. pipiens*		中华按蚊 *A. sinensis*		常型曼蚊 *M. uniformis*	
		数量 Individuals	百分比 Proportion (%)	数量 Individuals	百分比 Proportion (%)	数量 Individuals	百分比 Proportion (%)	数量 Individuals	百分比 Proportion (%)	数量 Individuals	百分比 Proportion (%)
农户 Peasant household	7 044	6 948	98.64	6 957	98.76	36	0.51	48	0.68	3	0.04
稻田 Rice paddy	9 249	9 156	98.99	9 168	99.12	18	0.19	60	0.65	3	0.03
合计 Total	16 293	16 104	98.84	16 125	98.97	54	0.33	108	0.66	6	0.04

的优势蚊种。稻田和农户间捕获蚊虫的种类情况无差异，捕获数量上，稻田略多于农户；另外稻田捕获三带喙库蚊的构成百分比（99.12%）略高过农户（98.76%）（表 1）。

2.2　农户与稻田成蚊密度

农户和稻田间半月平均成虫密度消长呈显著的波峰和波谷态势（图 1），其中 7—8 月上半月农户和稻田间的波峰和波谷呈完全的对立之势，8 月下半月—10 月两者的消长态势大体一致，且 10 月份密度迅速持续下降。农户和稻田环境中的成蚊发生相邻波峰和波谷的时间间隔 15 d 左右；稻田的高峰密度总体高于农户，约 100~140 只/h，但 8 月下旬农户的成蚊密度高达 240 只/h。

1 号点、2 号点和 3 号点农户成蚊密度 3 组独立样本的 Kruskal-Wallis 检验显示，3 个调查点农户间的成蚊密度无显著差异（X^2=1.326，P=0.515）。3 个调查点稻田间的成蚊密度也无显著差异（X^2=1.218，P=0.544）。

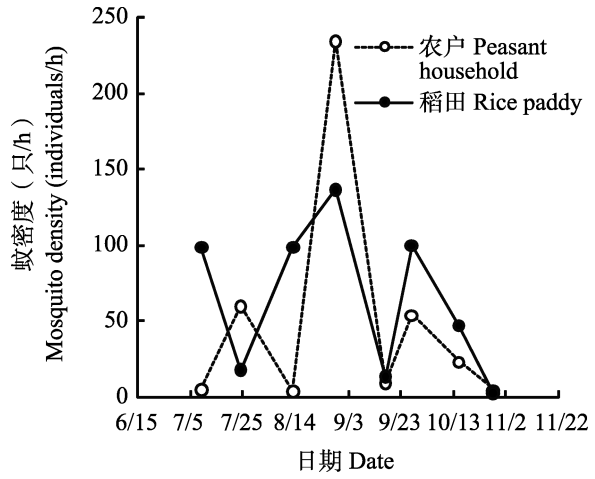

图 1　南京江宁旱稻种植期农户和稻田成蚊密度消长
Fig. 1　Adult mosquito density dynamic at peasant households and rice paddies in dry rice planting area, Jiangning, Nanjing

农户与稻田间成蚊密度无差异（X^2=0.429，P=0.513）。农户成蚊密度和稻田成蚊密度间随时间发生关系的回归方程为 LgY=0.8373LgX+0.16（R^2=0.6383，X 为农户成蚊密度，Y 为稻田成蚊密度）（图 2）。

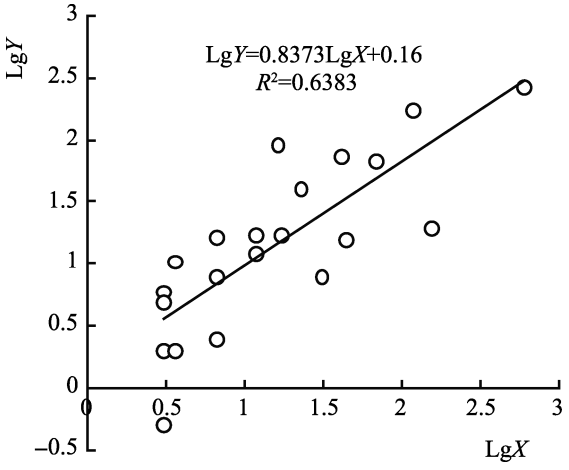

图 2　农户与稻田成蚊密度的线性关系
Fig. 2　Linear relationship between adult mosquito density of peasant household and rice paddy

X：农户成蚊密度；Y：稻田成蚊密度。
X: Adult mosquito density of peasant households; Y: Adult mosquito density of rice paddies.

3　讨论

3.1　旱稻种植区成蚊群落特点

南京江宁旱稻种植区旱稻生长期间农户和稻田两类生境成蚊夜晚活动高峰的捕获结果显示，仅捕获三带喙库蚊、淡色库蚊、中华按蚊和常型曼蚊 4 种，与宜兴太华水稻种植区夏季连续 4 日每日均可捕获 7 种蚊虫相比较，蚊虫种类丰富度上差异显著；同时江宁调查区三带喙库蚊为绝对优势种类，构成百分比约 99%，但宜兴太华稻区在 88%~90%左右（未发表数据）。南京江宁和宜兴太华两大稻区蚊虫丰富度的显著差异，应该与本调查区域为旱稻种植区，而宜兴太华稻区为常规水稻种植区，且江宁农村地区的城镇化程度远高于宜兴太华地区，特别是本区域牲畜棚已非常少见（杨维芳等，2010），造成蚊虫孳生水体差异等情况密切相关。这也再次证实水稻旱作对蚊虫防治有一定作用。

3.2　旱稻种植区农户与稻田蚊虫数量

农户成蚊密度和稻田成蚊密度高度相关，也提示农村稻区的农户和稻田基本是一个开放的环境，两种生境的蚊虫活动无地理屏障，因此在

农村稻区的蚊虫高发季节、蚊媒传染病特别是乙脑、疟疾等的暴发流行时期，针对蚊虫的防治应以稻区大区域为整体，开展蚊虫防治活动，而不仅仅只依赖农田害虫防治对蚊虫防治的效应或仅开展对农户区域的蚊虫防治；同时乙脑、疟疾等传染病的预警预测应考虑当地稻田因素。南京江宁旱稻种植区农户与稻田成蚊活动高峰时段密度的线性方程 $\mathrm{Lg}Y=0.8373\mathrm{Lg}X+0.16$，为逐步城镇化的农村稻区蚊虫研究打下了基础。此外，稻区作为蚊虫孳生的一类重要环节，水稻的生长对蚊虫发生的影响如何，也是目前关注的议题（何隆华等，2014）。

参考文献 (References)

Buckner EA, Blackmore MS, Golladay SW, Covich AP, 2011. Weather and landscape factors associated with adult mosquito abundance in southwestern Georgia, U.S.A. *Journal of Vector Ecology*, 36(2): 269–278.

Cao XB, Jiang JP, Gu GM, Zhou HY, Ding GS, Zhong SQ, Chen HC, 2012. Effect of intermittent irrigation in paddy fields on mosquito control. *Chin. J. Schisto. Control*, 24(1): 85–87. [曹晓斌, 江建平, 顾光明, 周华云, 丁桂生, 仲四清, 陈厚存, 2012. 稻田间歇灌溉控制蚊蛹效果. 中国血吸虫病防治杂志, 24(1)：85–87.]

Chandler JA, Highton RB, 1975. The succession of mosquito species (Diptera, CuIicidae) in rice fields in the Kisumu area of Kenya, and their possible control. *Bull. Ent. Res.*, 65(11): 295–302.

Ge FX, Sun Z, 1981. Research on the water irrigation in rice paddy on mosquito larvae breeding in the alluvial plain of Yellow River. *Acta Ecologica Sinica*, 1(2): 168–175. [葛凤翔, 孙正. 1981. 黄河冲积平原区水稻湿润灌溉控制稻田蚊虫孳生的研究. 生态学报, 1(2): 168–175.]

He LH, Zhou MH, Chu HL, Yang WF, Zhang XY, 2014. Application of remote sensing technology in research on mosquito-borne diseases: a review. *Chin. J. Vector. Biol. & Control*, 25(2): 184–188. [何隆华, 周明浩, 褚宏亮, 杨维芳, 张细燕, 2014. 遥感技术在蚊媒传染病研究中的应用进展. 中国媒介生物学及控制杂志, 25(2): 184–188.]

Keisera J, Malteseb MF, Erlangera TE, Bosc R, Tannera M, Singerd BH, Utzingera J, 2005. Effect of irrigated rice agriculture on Japanese encephalitis, including challenge and opportunities for integrated vector management. *Acta Tropica*, 95(1): 40–57.

Li J, Zhou HN, 2008. Advances of epidemic encephalitis B in Yunnan Province. *Journalof Pathogen Biology*, 3(10): 784–787. [李佳, 周红宁, 2008. 云南省流行性乙型脑炎研究进展. 中国病原生物学杂志, 3(10): 784–787.]

Liu MD, Wang XZ, Zhao TY, Dong YD, Lu BL, 2007. Gis analysis on the relationship between the population of *Culex tritaeniorhynchus* (Giles, 1901) and *Cx. pseudovishnui* (Colless, 1957) with environment factors in southern Yunnan province. *Acta Parasitol. Med. Entomol. Sin.*, 14(2): 98–103. [刘美德, 王学忠, 赵彤言, 董言德, 陆宝麟, 2007. 云南南部地区三带喙库蚊与伪杂鳞库蚊种群与环境因素关系的地理信息系统分析. 寄生虫与医学昆虫学报, 14(2): 98–103.]

Mogi M, 1978. Population studies on mosquitoes in the rice field area of Nagasaki, Japan, especially on *Culex tritaeniorhynchus*. *Trop. Med*., 20(4): 173–263.

Muturi EJ, Shililu J, Jacob B, Gu W, Githure J, Novak R, 2006. Mosquito species diversity and abundance in relation to land use in a riceland agroecosystem in Mwea, Kenya. *J. Vector. Ecol*., 31(1): 129–137.

Muturi EJ, Shililu JI, Gu W, Jacob BG, Githure JI, Novak RJ, 2007. Larval habitat dynamics and diversity of Culex mosquitoes in rice agro-ecosystem in Mwea, Kenya. *Am. J. Trop. Med. Hyg*., 76(1): 95–102.

Richards EE, Masuoka P, Major DB, Smith M, Klein TA, Kim HC, Anyamba A, Grieco J, 2010. The relationship between mosquito abundance and rice field density in the Republic of Korea. *International of Health Geographics*, 9(1): 32–41.

Service MW, 1993. Mosquito Ecology Field Sampling Methods (2rd edition). UK: Elsevier Science Publishers LTD. 1–5.

Yang WF, Sun J, Xu Y, Chu HL, Liu DP, Zhang AJ, Xu Q, Zheng YP, 2010. A preliminary study on the relationship between occurrence of *Culex tritaeniorhynchus* and meteorological factors. *Chin. J. Vector Biol. & Control*, 21(1): 49–50. [杨维芳, 孙俊, 徐燕, 褚宏亮, 刘大鹏, 张爱军, 徐庆, 郑一平, 2010. 三带喙库蚊发生量与气象因子相关性初步分析. 中国媒介生物学及控制杂志, 21(1): 49–50.]