

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 16 期 Vol.32 No.16 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 16 期 2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

基于生物多样性保护的兴安落叶松与白桦最佳混交比例——以阿尔山林区为例	李 菁, 骆有庆, 石 娟 (4943)
中国能源消费碳排放的时空特征	舒娱琴 (4950)
黄土丘陵沟壑区坡面尺度土壤水分空间变异及影响因子	姚雪玲, 傅伯杰, 吕一河 (4961)
新疆艾比湖流域土壤有机质的空间分布特征及其影响因素	王合玲, 张辉国, 秦 璐, 等 (4969)
雅鲁藏布江山南宽谷风沙化土地土壤养分和粒度特征	李海东, 沈渭寿, 邹长新, 等 (4981)
一株溶藻细菌对海洋原甲藻的溶藻效应	史荣君, 黄洪辉, 齐占会, 等 (4993)
种形态对黑藻和竹叶眼子菜有机酸含量的影响	钟正燕, 王宏镔, 王海娟, 等 (5002)
七项河流附着硅藻指数在东江的适用性评估	邓培雁, 雷远达, 刘 威, 等 (5014)
杭州湾滨海湿地不同植被类型沉积物磷形态变化特征	梁 威, 邵学新, 吴 明, 等 (5025)
剪形臂尾轮虫形态的时空变化及其与生态因子间的关系	葛雅丽, 席貽龙, 马 杰, 等 (5034)
太湖流域河流水质状况对景观背景的响应	周 文, 刘茂松, 徐 驰, 等 (5043)
荒漠植物白刺属 4 个物种的生殖分配比较	李清河, 辛智鸣, 高婷婷, 等 (5054)
臭氧浓度升高对香樟叶片光合色素及抗过氧化的影响及其氮素响应	牛俊峰, 张巍巍, 李 丽, 等 (5062)
不同密度下凤仙花重要形态性状与花朵数的关系	田旭平, 常 洁, 李娟娟, 等 (5071)
五种高速公路边坡绿化植物的生理特性及抗旱性综合评价	谭雪红, 高艳鹏, 郭小平, 等 (5076)
散孔材与环孔材树种枝干、叶水力学特性的比较研究	左力翔, 李俊辉, 李秧秧, 等 (5087)
北京城区行道树国槐叶面尘分布及重金属污染特征	戴斯迪, 马克明, 宝 乐 (5095)
南亚热带米老排人工林碳贮量及其分配特征	刘 恩, 刘世荣 (5103)
植物生活史型定量划分及其权重配置方法——以四棱豆生活史型划分为例	赵则海 (5110)
半干旱区湿地-干草原交错带边界判定及其变化	王 晓, 张克斌, 杨晓晖, 等 (5121)
氮肥运筹对晚播冬小麦氮素和干物质积累与转运的影响	吴光磊, 郭立月, 崔正勇, 等 (5128)
氮肥形态对冬小麦根际土壤氮素生理群活性及无机氮含量的影响	熊淑萍, 车芳芳, 马新明, 等 (5138)
基于数字相机的冬小麦物候和碳交换监测	周 磊, 何洪林, 孙晓敏, 等 (5146)
黄土高原半湿润区气候变化对冬小麦生长发育及产量的影响	姚玉璧, 王润元, 杨金虎, 等 (5154)
基于土地破坏的矿区生态风险评价: 理论与方法	常 青, 邱 瑶, 谢苗苗, 等 (5164)
基于生态位的山地农村居民点适宜度评价	秦天天, 齐 伟, 李云强, 等 (5175)
氯虫苯甲酰胺对黑肩绿盲蝽实验种群的影响	杨 洪, 王 召, 金道超 (5184)
6 种植物次生物质对斜纹夜蛾解毒酶活性的影响	王瑞龙, 孙玉林, 梁笑婷, 等 (5191)
云南元江芒果园桔小实蝇成虫日活动规律及空间分布格局	叶文丰, 李 林, 孙来亮, 等 (5199)
重庆市蝴蝶多样性环境健康指示作用和环境监测评价体系构建	邓合黎, 马 琦, 李爱民 (5208)
专论与综述	
生态系统服务竞争与协同研究进展	李 鹏, 姜鲁光, 封志明, 等 (5219)
中国沿海无柄蔓足类研究进展	严 涛, 黎祖福, 胡煜峰, 等 (5230)
冰雪灾害对森林的影响	郭淑红, 薛 立 (5242)
不同干扰因素对森林和湿地温室气体通量影响的研究进展	杨 平, 全 川 (5254)
采石场废弃地的生态重建研究进展	杨振意, 薛 立, 许建新 (5264)
研究简报	
基于地统计学和 CFI 样地的浙江省森林碳空间分布研究	张 峰, 杜 群, 葛宏立, 等 (5275)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 344 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-08



封面图说: 秋色藏野驴群——秋天已经降临在海拔 4200 多米的黄河源区, 红色的西伯利亚蓼(生于盐碱荒地或砂质含盐碱土壤)铺满大地, 间有的高原苔草也泛出了金黄, 行走在上面的藏野驴们顾不上欣赏这美丽的秋色, 只是抓紧时间, 在严冬到来之前取食, 添肥增膘以求渡过青藏高原即将到来的漫长冬天。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 16 August, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

The optimum mixture ratio of larch and birch in terms of biodiversity conservation; a case study in Aershan forest area	LI Jing, LUO Youqing, SHI Juan (4943)
Spatiotemporal characteristics of carbon emissions from energy consumption in China	SHU Yuqin (4950)
Spatial patterns of soil moisture at transect scale in the Loess Plateau of China	YAO Xueling, FU Bojie, LÜ Yihe (4961)
The characteristics of the spatial distribution of soil organic matter and factors influencing it in Ebinur Lake Basin of Xinjiang Autonomous Region, China	WANG Heling, ZHANG Huiguo, QIN Lu, et al (4969)
Soil nutrients content and grain size fraction of aeolian sandy land in the Shannan Wide Valley of the Yarlung Zangbo River, China	LI Haidong, SHEN Weishou, ZOU Changxin, et al (4981)
Algicidal activity against <i>Proocentrum micans</i> by a marine bacterium isolated from a HABs area, South China	SHI Rongjun, HUANG Honghui, QI Zhanhui, et al (4993)
Effects of arsenic speciations on contents of main organic acids in <i>Hydrilla verticillata</i> and <i>Potamogeton malaianus</i>	ZHONG Zhengyan, WANG Hongbin, WANG Haijuan, et al (5002)
Exploration of benthic diatom indices to evaluate water quality in rivers in the Dongjiang basin	DENG Peiyan, LEI Yuanda, LIU Wei, et al (5014)
Phosphorus fraction in the sediments from different vegetation type in Hangzhou bay coastal wetlands	LIANG Wei, SHAO Xuexin, WU Ming, et al (5025)
Spatio-temporal variation of morphometric characteristics of <i>Brachionus forficula</i> in relation to ecological factors	GE Yali, XI Yilong, MA Jie, et al (5034)
Response of river water quality to background characteristics of landscapes in Taihu Lake basin	ZHOU Wen, LIU Maosong, XU Chi, et al (5043)
Reproductive allocation in four desert species of the genus <i>Nitraria</i> L.	LI Qinghe, XIN Zhiming, GAO Tingting, et al (5054)
Effects of elevated ozone on foliar chlorophyll content and antioxidant capacity in leaves of <i>Cinnamomum camphora</i> under enhanced nitrogen loads	NIU Junfeng, ZHANG Weiwei, LI Li, et al (5062)
Correlation analysis between floret numbers and important traits of <i>Impatiens balsamina</i> under different planting density	TIAN Xuping, CHANG Jie, LI Juanjuan, et al (5071)
Physiological characteristics and comprehensive evaluation of drought resistance in five plants used for roadside ecological restoration	TAN Xuehong, GAO Yanpeng, GUO Xiaoping, et al (5076)
Comparison of hydraulic traits in branches and leaves of diffuse- and ring-porous species	ZUO Lixiang, LI Junhui, LI Yangyang, et al (5087)
Distribution and heavy metal character of foliar dust on roadside tree <i>Sophora japonica</i> of urban area in Beijing	DAI Sidi, MA Keming, BAO Le (5095)
The research of carbon storage and distribution feature of the <i>Mytilaria laosensis</i> plantation in south sub-tropical area	LIU En, LIU Shirong (5103)
The novel methods of quantitative classification of plant life cycle forms and weight collocation; taking classification of life cycle forms of <i>Psophocarpus tetragonolobus</i> as an example	ZHAO Zehai (5110)
Research on boundary definition and changes of wetland-dry grassland ...	WANG Xiao, ZHANG Kebin, YANG Xiaohui, et al (5121)
Differential effects of nitrogen managements on nitrogen, dry matter accumulation and transportation in late-sowing winter wheat	WU Guanglei, GUO Liyue, CUI Zhengyong, et al (5128)
Effects of nitrogen form on the activity of nitrogen bacteria group and inorganic nitrogen in rhizosphere soil of winter wheat	XIONG Shuping, CHE Fangfang, MA Xinming, et al (5138)
Using digital repeat photography to model winter wheat phenology and photosynthetic CO ₂ uptake	ZHOU Lei, HE Honglin, SUN Xiaomin, et al (5146)
Impacts of climate change on growth and yield of winter wheat in the semi-humid region of the Loess Plateau	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (5154)
Theory and method of ecological risk assessment for mining areas based on the land destruction	CHANG Qing, QIU Yao, XIE Miaomiao, et al (5164)
Suitability evaluation of rural residential land based on niche theory in mountainous area	QIN Tiantian, QI Wei, LI Yunqiang, et al (5175)
Effects of chlorantraniliprole on experimental populations of <i>Cyrtorhinus lividipennis</i> (Reuter) (Hemiptera: Miridae)	YANG Hong, WANG Zhao, JIN Daochao (5184)
Effects of six plant secondary metabolites on activities of detoxification enzymes in <i>Spodoptera litura</i>	WANG Ruilong, SUN Yulin, LIANG Xiaoting, et al (5191)
Daily activity and spatial distribution pattern of the oriental fruit fly, <i>Bactrocera dorsalis</i> (Diptera: Tephritidae) in mango orchard, Yuanjiang, Yunnan	YE Wenfeng, LI Lin, SUN Lailiang, et al (5199)
The establishment of the indication on environmental health of butterfly and of the environmental monitoring evaluation system in Chongqing	DENG Heli, MA Qi, LI Aimin (5208)
Review and Monograph	
Research progress on trade-offs and synergies of ecosystem services; an overview	LI Peng, JIANG Luguang, FENG Zhiming, et al (5219)
A review on the balanomorph barnacles in the coastal waters of China	YAN Tao, LI Zufu, HU Yufeng, et al (5230)
Effects of ice-snow damage on forests	GUO Shuhong, XUE Li (5242)
Greenhouse gas flux from forests and wetlands; a review of the effects of disturbance	YANG Ping, TONG Chuan (5254)
Advances in ecology restoration of abandoned quarries	YANG Zhenyi, XUE Li, XU Jianxin (5264)
Scientific Note	
Spatial distribution of forest carbon in Zhejiang Province with geostatistics based on CFI sample plots	ZHANG Feng, DU Qun, GE Hongli, et al (5275)

DOI: 10.5846/stxb201201170101

叶文丰, 李林, 孙来亮, 肖春, 董文霞. 云南元江芒果园桔小实蝇成虫日活动规律及空间分布格局. 生态学报, 2012, 32(16): 5199-5207.

Ye W F, Li L, Sun L L, Xiao C, Dong W X. Daily activity and spatial distribution pattern of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in mango orchard, Yuanjiang, Yunnan. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(16): 5199-5207.

云南元江芒果园桔小实蝇成虫日活动规律 及空间分布格局

叶文丰, 李 林, 孙来亮, 肖 春, 董文霞*

(云南农业大学植物保护学院, 昆明 650201)

摘要: 利用甲基丁香酚引诱剂和黄板对桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 成虫日活动规律及飞行高度进行了研究, 同时根据多种聚集度指标对桔小实蝇成虫的空间分布格局进行了分析。结果表明: 元江县挂果期芒果园内桔小实蝇日活动量高峰出现在 10:00、16:00 左右, 活动量低谷出现在 8:00、14:00 和 19:00 左右, 日间温湿度与其日活动量之间无线性相关关系; 成虫飞行高度随时间变化, 受降雨影响, 雌雄成虫飞行高度存在差异。上午、中午成虫多近地飞行, 午后多在 1.5 m 以上高度飞行, 降雨导致成虫飞行活动量大幅减退, 多分布于 1.5 m 以上枝叶附近。株高 8 m 的 3a 芒果树 4 m 高度处黄板捕获虫量最大, 其次是 2 m 高处, 6 m 以上虫量较少。雄性成虫在芒果园中呈聚集分布, 原因之一是其自身的聚集行为; 雌虫空间分布不均, 主要呈聚集分布, 少部分为均匀分布, 其聚集由环境因素造成。

关键词: 桔小实蝇; 芒果; 日活动规律; 空间分布

Daily activity and spatial distribution pattern of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in mango orchard, Yuanjiang, Yunnan

YE Wenfeng, LI Lin, SUN Lailiang, XIAO Chun, DONG Wenxia*

Plant Protection Institute, Yunnan Agricultural University, Yunnan, Kunming 650201, China

Abstract: The oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae), is an important worldwide quarantine pest. Yunnan province, with its diverse climates and rich diversity of plants, suffers heavily from the oriental fruit fly and, has the worst fly damage in China. While highly effective traps and insecticide spray are applied to suppress field population density of the fly, the indetermination of the density of trapping devices as well as the height and time of spot spray results uncertain control efficiency. Excessive application of pesticides also leads to a number of problems such as pesticide residues and resistance of the fly. The study was conducted to serve as a reference for standardizing the management practice of the pest.

Daily activities and spatial distribution patterns of the oriental fruit fly, were studied in two mango orchards in Yuanjiang, Yunnan, from early June to early July, 2011. The fruit flies were hourly observed with methyl eugenol-baited traps and yellow sticky traps from 8:00 to 19:00, respectively. Population data were collected and their spatial distribution patterns were analyzed by some distribution parameters. The results showed that the dynamic model of the number of males captured was a two-peak curve with two peaks recorded at 10:00 and 16:00, and three troughs at 8:00, 14:00 and 19:00. There is no linear relationship between daily activity of the fly and atmospheric temperature and relative humidity. The flight altitudes varied with time in a day and were influenced by rainfall. The catches near the ground (below 0.5 m) were

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903047)

收稿日期: 2012-01-17; 修订日期: 2012-05-29

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dongwenxia@163.com

greater than those near the branches (above 1.5 m) in the morning and noon on the sunny days. Rainfall played negative role on the flight activity and resulted a sharp decrease of captured number of the flies. Most flies preferred staying on the back of leaves above 1.5 m rather than near the ground on the rainy days. The maximum number captured by yellow traps was on 4 meter height of eight-meter-tall mango trees and significantly fewer flies had been found above 6 meter from the ground. The spatial distribution pattern of males in mango orchard was aggregation type, which was partly due to their aggregation behaviors. While a few represent a pattern of partly uniform, most females tend to aggregated distribution, which was due to the environment factors.

Key Words: *Bactrocera dorsalis*; mango; daily activity; spatial distribution pattern

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* 是一种重要的世界检疫性害虫,具有寄主范围广、繁殖能力强、生活周期短等特点^[1],广泛分布于热带、亚热带多个国家和地区,为害上百种经济作物^[1-3]。该虫在亚热带地区通常一年发生 3—5 代,热带地区一年可发生 8—10 代^[4];自然环境下每头雌虫一生最多可产卵 1200—1500 粒^[5]。幼虫蛀食果肉造成果实空洞、腐烂,雌虫产卵过程中形成的产卵孔还将引起真菌入侵导致果实霉变^[6]。1911 年我国台湾首次对其进行记载^[7],目前南方各省区均有发生^[8]。

云南气候类型多样,是我国桔小实蝇为害最为严重的省份之一^[9],省内北纬 24°以南全年发生^[10]。元江县(23°59' N, 102° E)位于云南省中南部,具有干热河谷型亚热带气候。近年来桔小实蝇在该地区发生频繁,严重威胁芒果、柑桔、杨桃等经济水果的生产,造成巨大的经济损失。目前国内对于桔小实蝇采取引诱剂诱杀为主,喷施药剂辅助的防治策略^[8],研究内容大多集中在其适生范围^[11]、种群变动规律^[12-13]、引诱剂应用^[14-15]和区域防治效果评价方面^[16-17],日活动规律和成虫空间分布型报道较少^[18-19]。

本研究调查了桔小实蝇成虫的日活动规律,探讨了桔小实蝇日间不同时间段的飞行高度以及降雨对其飞行的影响,期望明确杀虫剂的施用时间和施药高度;同时测定了桔小实蝇雌雄成虫的不同空间分布格局,以便对果园中诱捕器的合理设置提供参考。

1 材料与方法

1.1 桔小实蝇日活动规律调查

1.1.1 桔小实蝇日活动量调查

试验地点为元江县林木种苗管理站所属芒果园,试验时间为 2011 年 6 月 3 日至 2011 年 7 月 3 日。利用甲基丁香酚进行桔小实蝇实蝇日活动量监测,设置 5 个重复,诱捕器悬挂于距地面 1.5 m 不受阳光直射处,每一监测点周围芒果树长势及挂果情况接近。诱捕器间相距 15 m 以上。每一诱捕器添加 2 mL 甲基丁香酚,每 15 d 更新一次诱芯。利用家用温湿度计(北京康威仪表公司生产)对日间实时温湿度进行测定,温湿度计的放置高度为 1.5 m 背阴处。设置诱捕器第 2 天开始自 8:00 起至 19:00 每隔 1 h 记录 1 次采集时间、实时温湿度和每个诱捕器中采集到的桔小实蝇雄虫数量,每次记录完成后清除诱捕器内实蝇。

1.1.2 桔小实蝇在芒果园中飞行高度的调查

调查时间为 2011 年 6 月 15 日至 2011 年 7 月 15 日,根据距地面高度将芒果园划分为 2 个区域:草丛附近(距地面 0.5 m 以内)和枝叶附近(距地面 1.5 m 以上),分别悬挂黄板,各设置 10 次重复,每一黄板悬挂位置相距 15 m 以上,翌日起自 8:00 至 19:00 每隔 2 h 记录 1 次各黄板捕获的桔小实蝇雌雄数量,同时记录当日降雨情况。

选取 3 株长势接近、平均株高 8 m 的芒果树,每一芒果树上 2、4、6 m 处悬挂黄板,每周记录 1 次各黄板捕获的桔小实蝇雌雄数量。

1.2 空间分布型调查与测定

调查时间为 2011 年 7 月 1 日至 2011 年 7 月 22 日,试验地点为元江县红桥农场芒果园,主要品种 3a 芒。该园地地势起伏较大,根据地形将芒果园划分为 9 个小区,每小区悬挂 3 块黄板,每一黄板悬挂高度为 1.5

m,各黄板之间相距 15 m 以上,每天记录 1 次黄板上捕获的桔小实蝇雌雄数量。

采用以下 3 种方式测定桔小实蝇成虫空间分布型^[20]。

1.2.1 聚集度指标检验

(1) 丛生指数 I

$I = s^2/\bar{x} - 1$, s^2 为样本方差, \bar{x} 为样本均数。当 $I < 0$ 时为均匀分布, $I = 0$ 时为随机分布, $I > 0$ 时为聚集分布。

(2) 聚块性指数 m^*/m

平均密度 $m = \bar{x}$, 拥挤度 $m^* = \bar{x} + s^2/\bar{x} - 1$, $m^*/m < 1$ 时为均匀分布, $m^*/m = 1$ 时为随机分布, $m^*/m > 1$ 为聚集分布。

(3) 久野指数 Ca

$Ca = (s^2/\bar{x} - 1)/\bar{x}$, $Ca < 0$ 为均匀分布, $Ca = 0$ 为随机分布, $Ca > 0$ 为聚集分布。

(4) 扩散系数 C

$C = s^2/\bar{x}$, $C < 1$ 为均匀分布, $C = 1$ 为随机分布, $C > 1$ 为聚集分布。

(5) 负二项分布 k :

$k = \bar{x}^2/(s^2 - \bar{x})$, $k < 0$ 为均匀分布, $k > 0$ 为聚集分布, $k \rightarrow \infty$ (通常在 8 以上) 为随机分布。

1.2.2 线性回归方程检验

(1) $I_{\text{wao}}: m^* - m$ 回归分析法

$m^* = \alpha + \beta \bar{x}$, $\alpha = 0$ 时分布的基本成分为单个个体, $\alpha < 0$ 表示个体间相互排斥, $\alpha > 0$ 则说明个体间相互吸引; $\beta < 1$ 时种群为均匀分布, $\beta = 1$ 时为随机分布, $\beta > 1$ 则为聚集分布。

(2) Toylar 幂法则检验

$\lg s^2 = ga + b \lg \bar{x}$, 其中 $b \rightarrow 0$ 表示种群为均匀分布, $b = 1$ 时为随机分布, $b > 1$ 则为聚集分布。

1.2.3 聚集原因分析

用 Blackith 聚集均数(λ)对桔小实蝇成虫的聚集原因进行分析:

$\lambda = \frac{m}{2k} \times r$, 其中 m 为实蝇平均密度, k 为负二项式中的 k 值, r 是自由度为 $2k$ 时 0.05 水平下的卡方值, $\lambda <$

2 表示昆虫聚集由环境条件引起; $\lambda \geq 2$ 表示昆虫聚集由昆虫聚集性和环境条件共同导致或其中一个因素造成。

2 结果与分析

2.1 桔小实蝇日活动规律

2.1.1 桔小实蝇日活动量

桔小实蝇雄性成虫日活动量高峰分别出现在 10:00 和 16:00, 低谷为 8:00、12:00—14:00 以及 19:00 (图 1)。芒果园内不同时间段的桔小实蝇雄虫活动量与气象记录结果如表 1, 将桔小实蝇日间活动量分别与平均日间气温和湿度进行 Pearson 相关分析 (Pearson Correlation), 结果显示气温与活动量的相关系数 $r_1 = -0.303$, 显

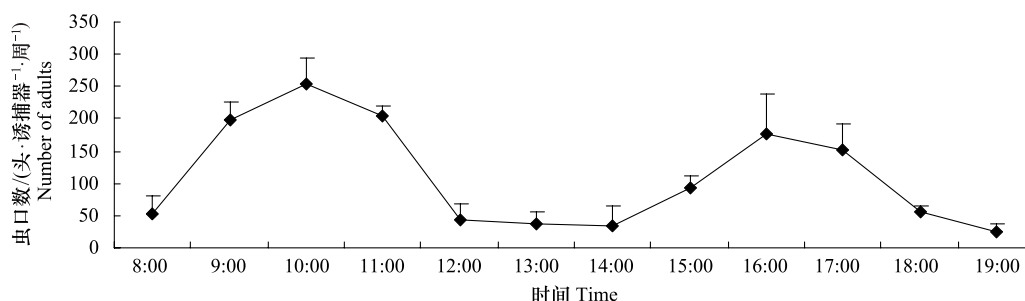


图 1 桔小实蝇日活动量

Fig. 1 Daily activity of *Bactrocera dorsalis*

著性 $P_1=0.339$,湿度与活动量的相关系数 $r_2=0.360$,显著性 $P_2=0.251$,表明日间温湿度与桔小实蝇日间活动量之间无线性相关关系。

表 1 芒果园内不同时段桔小实蝇雄虫活动量与气象指标

Table 1 Hourly catches of oriental fruit fly males and meteorological index in mango orchard			
时间 Time	气温/℃ Temperature/℃	相对湿度 Relative humidity/%	诱虫量(头·诱捕器 ⁻¹ ·h ⁻¹) Flies·trap ⁻¹ ·h ⁻¹
8:00	21.8±1.9	93.0±1.9	51.4±30.4
9:00	23.2±2.5	91.6±3.4	197.2±29.8
10:00	25.8±2.6	80.6±3.1	252.8±41.8
11:00	28.6±3.9	68.2±5.1	205.6±14.4
12:00	33.4±2.7	56.2±3.2	44.0±23.9
13:00	35.4±3.0	55.0±7.5	36.4±18.8
14:00	38.4±2.7	47.0±5.0	35.4±30.1
15:00	39.6±3.0	38.4±3.9	92.0±20.9
16:00	34.8±2.6	48.6±4.7	176.2±62.3
17:00	32.8±1.9	51.4±6.8	150.6±40.9
18:00	29.8±3.1	52.8±4.7	55.4±10.2
19:00	28.0±2.5	61.6±4.1	25.8±10.8

2.1.2 桔小实蝇在芒果园中的飞行高度

晴天桔小实蝇雌雄成虫分布情况相似(图2),不同高度区域虫量动态与日活动量动态一致。上午和午间成虫飞行高度较低,多在草丛附近活动,下午成虫飞行高度在1.5 m以上,枝叶附近虫量较大。

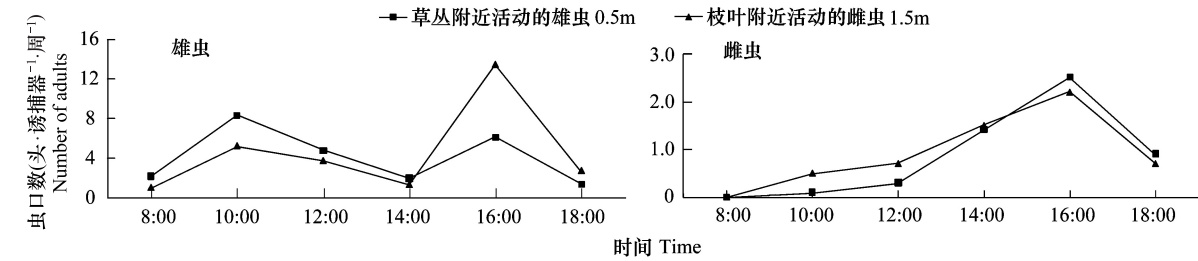


图2 晴天桔小实蝇日间飞行的高度分布
Fig. 2 Distribution of oriental fruit fly on the sunny days

降雨对芒果园内桔小实蝇成虫日间飞行高度存在一定影响(图3)。自8:00起成虫活动量缓慢上升,16:00达到日间活动高峰。受降雨影响实蝇飞行活动量大幅减退,10:00未出现飞行活动高峰。由于地面过于潮湿,雄虫全天多在枝叶附近活动;雌虫上午在枝叶附近活动量较大,下午则在草丛和枝叶附近均有分布且两区域虫口密度差异不大。

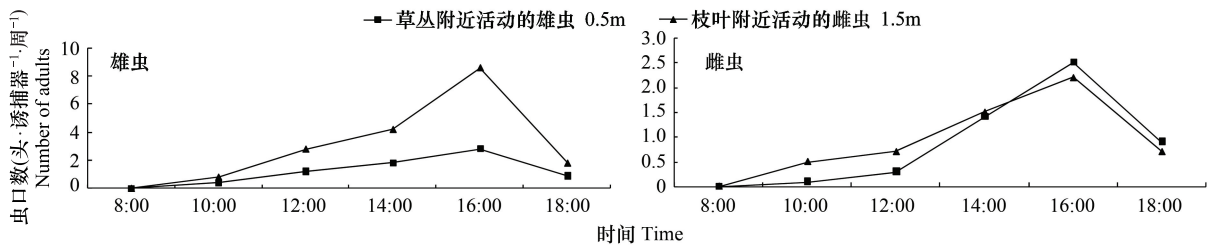


图3 降雨对桔小实蝇日间飞行高度的影响
Fig. 3 Distribution of oriental fruit fly on the rainy days

桔小实蝇在整株芒果树不同高度上的活动分布存在差异(表2),雄虫在4 m高度活动量显著大于2 m和6 m处,雌虫在2 m和4 m处活动量大致相等,显著大于6 m附近雌虫活动量。4 m处成虫活动总量最大,其次是2 m处,6 m处活动量最小。

2.2 成虫空间分布型

2.2.1 桔小实蝇雄虫空间分布型

聚集度指标的检验结果如表3所示,在9组数据中, $I(3.000-69.433)>0$, $m^*/m(1.559-3.314)>1$, $Ca(0.559-2.314)>0$, $C(4.000-70.433)>1$, $k(0.432-1.788)>0$,均说明桔小实蝇雄虫在芒果园中呈聚集分布。

表2 桔小实蝇在芒果树不同高度上活动量的差异

Table 2 Oriental fruit flies captured by yellow traps on different height

高度 Height	诱虫量(头/黄板·周) Flies/trap·week		
	雄虫 Female	雌虫 Male	总量 Total
2m	30.3±3.2b	22.7±3.8a	52.3±6.8ab
4m	41.3±7.4a	3.3±6.7a	65.0±13.5a
6m	22.0±4.6b	12.0±3.0b	35.7±5.5b

表中同一列数据具有不同字母表示差异显著($P<0.05$, Duncan's multiple-range test)

表3 芒果园桔小实蝇雄性成虫空间分布格局主要参数

Table 3 Parameters of spatial pattern of oriental fruit fly males in the mango orchard

样点号 No.	密度 Density /(头/黄板)	方差 Variance	拥挤度 m^*	丛生指数 I	聚集性指数 m^*/m	久野指数 Ca	扩散系数 C	负二项分布 k
1	17.7	546.33	47.591	29.924	2.694	1.694	30.924	0.590
2	7.7	69.33	15.710	8.043	2.049	1.049	9.043	0.953
3	30.0	2113.00	99.433	69.433	3.314	2.314	70.433	0.432
4	12.3	140.33	22.712	10.379	1.842	0.842	11.379	1.188
5	6.7	82.33	18.016	11.349	2.702	1.702	12.349	0.587
6	18.3	206.33	28.588	10.255	1.559	0.559	11.255	1.788
7	3.0	12.00	6.000	3.000	2.000	1.000	4.000	1.000
8	7.3	65.33	15.242	7.909	2.079	1.079	8.909	0.927
9	3.7	22.33	8.757	5.090	2.388	1.388	6.090	0.720

线性回归方程检验结果

(1) Iwao: m^*-m 回归分析法

根据表3中的9组数据对平均拥挤度和平均密度进行回归分析,得到桔小实蝇雄虫 m^* 与 m 的线性回归方程: $m^* = -7.940 + 3.127m$ ($r=0.943$),式中 $\alpha = -7.940 < 0$,说明桔小实蝇雄性个体之间互相排斥; $\beta = 3.127 > 1$,说明桔小实蝇雄性成虫在芒果园中呈聚集分布; r 值为0.943说明回归方程适合度很高。

(2) Toylar 幂法则检验

根据平均密度 m 与方差 s^2 做对数回归方程: $\lg s^2 = 0.139 + 1.987 \times \lg m$ ($r=0.966$)。方程中 b 值为1.987>1,证明桔小实蝇雄虫在芒果园中呈聚集分布。

(3) 聚集原因分析

用 Blackith 聚集均数(λ)对桔小实蝇雄性成虫的聚集原因进行分析:

$\lambda = \frac{m}{2k} \times r$,式中 m 为实蝇平均密度, k 为负二项式中的 k 值, r 是自由度为 $2k$ 时0.05水平下的卡方值,由于 $2k$ 非整数,在此先利用比例内插法计算 r 值,再计算 λ 值。

设 $2k=x$, $r=y$, $(y-y_0)/(y_1-y_0) = (x-x_0)/(x_1-x_0)$ 经推导可得如下等式:

$$y = (xy_1 + x_1y_0 - x_0y_1 - xy_0) / (x_1 - x_0)$$

设 $x_1=2$, $x_0=1$,并把 $2k$ 代入等式,最终可得:

$$y = r = 2k(\chi_2^2 - \chi_1^2) + 2 \times \chi_1^2 - \chi_2^2$$

查卡方分布表可知 $\chi_1^2=0.45$, $\chi_2^2=1.39$, $k=0.909$,为表3中9个样点对应 k 值的均值,代入上式求得 $r=$

1.21892, 又因为 $m = 11.852$, 为表 3 中 9 个样点对应虫量密度的均值, 代入聚集均数公式最终求得 $\lambda = 7.95 > 2$, 说明桔小实蝇雌虫在芒果园中的聚集原因可能是自身聚集行为和环境异质性共同影响的结果。建立 λ 与 m 的回归方程, $\lambda = 1.946 + 0.419m$ ($r = 0.840$), λ 随平均密度 m 的增大而呈上升趋势, 证明桔小实蝇雌虫自身聚集行为确实是实蝇在芒果园中聚集分布的原因之一。

2.2.2 桔小实蝇雌虫空间分布型

芒果园中桔小实蝇雌成虫空间分布的几个参数变化较大(表 4)。样点 4 和样点 5 中各项指数说明这 2 个样点内雌虫呈均匀分布, 其他 7 个样点各项指数均说明雌虫呈聚集分布。由此可知桔小实蝇雌性成虫空间分布不均, 不同取样空间表现不一, 但主要呈聚集分布, 少数部分为均匀分布。

线性回归方程检验结果

(1) Iwao: m^* - m 回归分析法

根据表 4 中的 9 组数据对平均拥挤度和平均密度进行回归分析, 得到桔小实蝇雌虫 m^* 与 m 的线性回归方程: $m^* = -1.568 + 2.901m$ ($r = 0.903$), 式中 $\alpha = -1.568 < 0$, 说明桔小实蝇雌性个体之间互相排斥; $\beta = 2.901 > 1$, 说明桔小实蝇雌性成虫在芒果园中呈聚集分布。

(2) Toylar 幂法则检验

根据平均密度 m 与方差 s^2 做对数回归方程: $\lg s^2 = 0.127 + 1.961 \times \lg m$ ($r = 0.851$)。方程中 b 值为 $1.961 > 1$, 证明桔小实蝇雌虫在芒果园中呈聚集分布。

(3) 聚集原因分析

用 Blackith 聚集均数(λ)对桔小实蝇雌性成虫的聚集原因进行分析:

$k = 0.945$, 为表 4 中 7 个呈聚集分布样点对应 k 值的均值; $m = 2.571$, 为表 4 中 7 个呈聚集分布样点对应虫口密度的均值。先求得 $r = 1.304$, 代入聚集均数公式最终求得 $\lambda = 1.757 < 2$, 说明桔小实蝇雌虫在芒果园中的聚集是环境因素造成的。

表 4 芒果园桔小实蝇雌性成虫空间分布格局主要参数

Table 4 Parameters of spatial pattern of oriental fruit fly females in the mango orchard

样点号 No.	密度 Density /(头/黄板)	方差 Variance	拥挤度 m^*	丛生指数 I	聚块性指数 m^*/m	久野指数 Ca	扩散系数 C	负二项分布 k
1	1.3	2.33	2.083	0.750	1.563	0.563	1.750	1.777
2	4.0	19.00	7.750	3.750	1.938	0.938	4.750	1.067
3	1.0	3.00	3.000	2.000	3.000	2.000	3.000	0.500
4	2.7	1.33	2.167	-0.500	0.813	-0.187	0.500	-5.328
5	0.7	0.33	0.166	-0.501	0.249	-0.751	0.499	-1.332
6	5.0	61.0	16.200	11.200	3.240	2.240	12.200	0.446
7	4.0	28.00	10.000	6.000	2.500	1.500	7.000	0.667
8	1.3	2.33	2.083	0.750	1.563	0.564	1.750	1.777
9	1.3	5.33	4.334	3.001	3.251	2.251	4.001	0.444

3 讨论

目前我国桔小实蝇防治的田间操作中常出现诱捕器设置不合理、杀虫剂施用时间随意、施药高度不固定等问题, 既不利于经济有效控制田间桔小实蝇种群数量, 也会造成桔小实蝇野生种群产生抗药性^[21]、果蔬表面农药残留过高、果园生态环境遭到破坏并严重威胁天敌生物的生存^[14-16]。因此, 桔小实蝇的田间防治亟待规范。

关于桔小实蝇的日活动规律国内已有文献进行了报道, 但主要针对各种气象因子对于桔小实蝇雄虫飞翔能力的影响以讨论其迁飞能力。刘建宏等对桔小实蝇日间飞翔活动进行研究的试验时间仅为 1 d, 设置监测诱捕器 3 个^[18], 本研究为了更好反映芒果园中桔小实蝇在整个芒果挂果期的日活动规律将试验时间延长为 1

个月,同时考虑芒果树长势与挂果情况,将诱捕器数量增加为 5 个。另外,为了确定施药高度,本研究也利用黄板对桔小实蝇在芒果园内不同时间段的飞行高度进行了测定。

由于桔小实蝇在相对湿度 60%—80% 之间活动量较大^[22],22—30 ℃ 适合其活动的温度范围^[18],其飞行活动最适光强范围在 100—200 lx 之间^[23],而试验果园中 10:00 以前芒果园中相对湿度平均值在 80% 以上,12:00—15:00 相对湿度平均值在 60% 以下,试验期间除 14:00—15:00 平均温度在 35℃ 以上,其他各时间段平均温度均在 22—30 ℃ 之间,午间温、湿度以及光照强度均不适宜桔小实蝇飞行活动,可能是 12:00—15:00 之间出现实蝇活动量低谷的原因。本次试验果园早晚温度较低(20℃ 左右)、空气湿度较大(80% 以上),田间观测中清晨与黄昏时段实蝇飞行速度较慢、飞行高度较低,与刘建宏等报道的低温、高湿度条件不适宜桔小实蝇飞翔活动的结论相符。日活动规律试验所使用的引诱剂为甲基丁香酚,而桔小实蝇对甲基丁香酚的趋向活动在 25—32 ℃ 之间最为活跃^[24],可能也是诱捕器清晨、黄昏以及午间这 3 个时间段捕获的雄虫数量较少的原因之一。结合桔小实蝇日活动规律,同时考虑到午间喷施药剂挥发量过大将增大实蝇药剂防治成本,杀虫剂的喷施时间应在实蝇日活动量较低、飞行能力较弱的清晨和黄昏。

刘建宏等报道中所述桔小实蝇飞翔活动高峰时段为 8:30—9:00(气温 28 ℃,相对湿度 75%)和 18:00—19:00(气温 30℃,相对湿度 70%)^[18],而本试验测定的活动高峰为 10:00(平均气温 26℃,平均相对湿度 81%)和 16:00(平均气温 35 ℃,平均相对湿度 49%)。通过对比刘建宏等进行试验时(2004 年 6 月 21—22 日)与本研究进行调查时(2011 年 6 月 3 日—2011 年 7 月 3 日)的日间气象指标(表 1),不同时段的气温和相对湿度均存在差异可能是造成上述结论差异的原因。

桔小实蝇成虫对黄色具有一定趋性,利用这一特性采用黄板对桔小实蝇进行种群动态监测和防治由来已久^[25],国内外也有使用黄板测定其他昆虫日活动规律及空间分布的研究^[26-27],但利用黄板测定实蝇的空间分布和飞行高度尚未见报道。本文使用黄板测定的实蝇飞行活动高峰(图 2,图 3)与利用性诱剂测定的日活动规律一致(图 1),可见黄板对桔小实蝇的监测结果是准确的。晴天上午草丛中实蝇的密度较大,下午则多在枝叶附近高度飞行。试验果园内多成熟落果,而成熟度高的果实挥发物易吸引雌虫^[28],所以 16:00 之前雌虫多分布于草丛附近;由于桔小实蝇交配行为多在日落黄昏时进行,雄虫于枝叶附近聚集形成求偶场^[28-30],因此 16:00 之后雌雄成虫多分布于枝叶附近。结合施药适期与桔小实蝇在芒果成熟期果园中的飞行高度,最佳施药策略是清晨和午间在草丛附近施药,黄昏在枝叶附近用药。降雨引起地面过于潮湿,导致桔小实蝇多集中于枝叶附近高度,飞行活动大幅减少,同时降雨天气不利于杀虫剂施用,可选择于枝叶附近(1.5 m 左右)设置黄板和诱捕器对桔小实蝇数量进行控制。

地表以上 2 m 以下这一范围区间实蝇寄主既有地面落果也有树上成熟果实,而雌性实蝇产卵行为消耗能量较大,飞翔至 6 m 以上高度需要耗费更多的能量,不符合实蝇生存策略,这可能是雌性实蝇在 6 m 处活动量显著小于 2 m 和 4 m 处的原因。依据桔小实蝇在整株芒果树不同高度上的活动分布,防治桔小实蝇应针对果树中部以下喷施药剂。

林进添等报道了利用甲基丁香酚测定的桔小实蝇雄虫空间分布型,认为桔小实蝇雄虫的虫口密度影响其空间分布格局,密度高时呈随机分布,密度低时主要是随机分布,部分为聚集分布,其研究并未涉及雌虫的空间分布型,同时报道中提及雄虫高密度区总出现在果园西北部,并由此判断雄虫分布与果树的果实成熟度有关且在非成熟区密度较高^[19]。雄虫虽然并不需要寻找产卵场所,但同样需要取食果实或花蜜以补充营养^[2],其空间分布可能与果实成熟度关系较小,而只是因为果园西北部分的光照强度、气温等微环境因子较之东南部分更适合雄虫活动。本研究通过设置黄板进行分布型测定,表明挂果期芒果园内桔小实蝇雌雄成虫主要呈聚集分布,可能与芒果园环境异质性相对较大有关,雄虫聚集分布受环境因素和自身行为影响,雌虫主要受环境因子影响。9 组数据包含 27 个黄板观测点,但雌雄虫在同一观测点的相同微环境下分布密度并不表现出相同特征,说明各影响因子对雌雄虫空间分布的贡献率存在差异,各因子贡献率以及采样方式有待进一步探究。诱捕器的设置可通过目测各果树果实成熟度来确定,果实成熟时间较早、落果数量较多的果树可适当增

加诱捕器和黄板的数量进行重点诱杀,根据芒果采收情况移动诱捕器悬挂位置,可有效控制桔小实蝇田间种群数量并降低防治成本。

Reference:

- [1] Clarke A R, Armstrong K F, Carmichael A E, Mine J R, Raghu S, Roderick G K, Yeates D K. Invasive phytophagous pests arising through a recent tropical evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 2005, 50: 293-319.
- [2] Smith P H. Behavioral partitioning of the day and circadian rhythmicity // Robinson AS, Hooper G, eds. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies, and Control* (World crop pests series, Vol. 3B). Amsterdam: Elsevier, 1989: 325-341.
- [3] Vargas R I, Miyashita D, Nishida T. Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Annals of Entomological Society America*, 1984, 77(6): 651-656.
- [4] Liu Y C, Chi H, Chen S H. The population fluctuation of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel, in Chia-Yi orchard. *Chinese Journal of Entomology*, 1985, 5(2): 79-84.
- [5] Liu Y C, Huang L H. The oviposition preference of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel. *Chinese Journal of Entomology*, 1990, 10(2): 159-168.
- [6] Arai T. Diel activity rhythms in the life history of the oriental fruit fly. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 1975, 19: 253-259.
- [7] Li W R. The control programme of the oriental fruit fly in Taiwan. *Chinese Journal of Entomology (Special Publication)*, 1988, (2): 51-60.
- [8] Huang S Q, Han R C. Advance in the research on the quarantine pest *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2005, 42(5): 479-484.
- [9] Zhang Z Y, He D Y, She Y P, Wang W X. On the population dynamics of oriental fruit fly in Yunnan Province. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1995, 22(3): 210-216.
- [10] Ye H. Distribution of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. *Entomologia Sinica*, 2001, 8(2): 175-182.
- [11] Hou B H, Zhang R J. Potential distributions of the fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in China as predicted by CLIMEX. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7): 1569-1574.
- [12] Chen P, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors. *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 50(1): 38-45.
- [13] Ye H, Liu J H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Xishuang banna of Southern Yunnan. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1330-1334.
- [14] Ho K Y, Hung S C, Chen C C, Cheng Y H. Effectiveness of spinosad bait in the control of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel), (Diptera: Tephritidae) in citrus orchard. *Journal of Taiwan Agricultural Research*, 2006, 55(2): 101-110.
- [15] Chuang Y Y, Hou R F. Field tests and evaluation of the attract-and-kill effectiveness of improved long-lasting, high-efficiency traps coated in different colors against the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Formosan Entomology*, 2009, 28(4): 259-276.
- [16] Cheng E Y, Su W Y, Hwang Y B, Chiang M Y, Kao C H. Study on the ecological methods for the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* Hendel. I. Developing a rapid technique for density monitoring. *Journal of Agricultural Research of China*, 2004, 53(3): 155-164.
- [17] Chiang M Y, Kao C H, Huang Y B, Cheng E Y, Lee M C. Studies on small model area-wide control of the oriental fruit fly for wax apple in Taiwan. *Journal of Agricultural Research of China*, 2007, 56(3): 153-164.
- [18] Liu J H, Ye H. Effects of light, temperature and humidity on the flight activities of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2006, 43(2): 211-214.
- [19] Lin J T, Zeng L, Liang G W, Lu Y Y, Wang L. Distribution spatial pattern of *Bactrocera* (*Bactrocera*) *dorsalis* males. *Journal of South China Agricultural University*, 2005, 26(2): 43-46.
- [20] Zhang A S, Feng J G, Yu Y, Zhang S C, Li Z H. The population dynamics and spatial distribution pattern of *Erythroneura sudra*. *Entomological Knowledge*, 2003, 40(5): 429-432.
- [21] Zhang Y P, Zeng L, Lu Y Y, Liang G W. Resistance stability and re-growth in adults of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) to trichlorphon. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51(10): 1044-1049.
- [22] Andrei V A, Christian M, Russell H M, Jian J D. Selection of pupation habitats by oriental fruit fly larvae in the laboratory. *Journal of Insect Behavior*, 2001, 14(1): 57-67.
- [23] Liu J H, Ye H. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley, Yunnan with an analysis of the related factors. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48(5): 706-711.
- [24] Li Z W T, Zeng L, Liang G W, Gu W X, Lu Y Y. Ratio of males of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) captured by ME trap at different temperatures

and light intensities. *Journal of Environmental Entomology*, 2010, 32(3): 363-368.

- [25] Wu W Y, Chen Y P, Yang E C. Chromatic cues to trap the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Insect Physiology*, 2007, 53(5): 509-516.
- [26] Hou M L, Wen J H, Lu W. Distribution and daily activities of *Bemisia tabaci* (Gennadius) adults within solar greenhouse. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(5): 1431-1437.
- [27] Steiner M Y, Spohr L J, Barchia I, Goodwin S. Rapid estimation of numbers of whiteflies (Hemiptera: Aleurodidae) and thrips (Thysanoptera: Thripidae) on sticky traps. *Australian Journal of Entomology*, 1999, 38(4): 367-372.
- [28] Zhang Q Y, Lin Z J, Liu J Y, Chen H Z, Gao Q Z, Sun G K, Hong Z Q, Sun D H, Chen J F. Study on the biology of oriental fruit fly, *Entomological Journal of East China*, 1998, 7(2): 65-68.
- [29] Lin J T, Zeng L, Lu Y Y, Liang G W, Xu Y J. Research Advances in biology and control of *Bactrocera* (*Bactrocera*) *dorsalis* (Hendel). *Journal of Zhongkai Agrotechnical College*, 2004, 17(1): 60-67.
- [30] Zhu J Y, Xiao C, Yan N S, Yuan Y S. Study on bionomics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2004, 23(1): 46-49.

参考文献:

- [4] 刘玉章, 齐心, 陈雪惠. 嘉义地区东方果实蝇之族群变动. *中华昆虫*, 1985, 5(2): 79-84.
- [5] 刘玉章, 黄莉欣. 东方果实蝇之产卵偏好. *中华昆虫*, 1990, 10(2): 159-168.
- [7] 李文蓉. 东方果实蝇之防治. *中华昆虫特刊*, 1988, (2): 51-60.
- [8] 黄素青, 韩日畴. 桔小实蝇的研究进展. *昆虫知识*, 2005, 42(5): 479-484.
- [9] 张智英, 何大愚, 余宇平, 王文心. 云南桔小实蝇种群动态研究. *植物保护学报*, 1995, 22(3): 210-216.
- [11] 侯柏华, 张润杰. 基于 CLIMEX 的桔小实蝇在中国适生区的预测. *生态学报*, 2005, 25(7): 1569-1574.
- [12] 陈鹏, 叶辉. 云南六库桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析. *昆虫学报*, 2007, 50(1): 38-45.
- [13] 叶辉, 刘建宏. 云南西双版纳桔小实蝇种群动态. *应用生态学报*, 2005, 16(7): 1330-1334.
- [14] 何坤耀, 洪士程, 陈健忠, 程永雄. 赐诺杀浓饵剂防治柑桔园东方果实蝇(双翅目: 果实蝇科)之效果评估. *台湾农业研究*, 2006, 55(2): 101-110.
- [15] 庄益源, 候丰男. 改良型长效诱杀器外观颜色对东方果实蝇诱杀效果之田间测试与评估. *台湾昆虫*, 2009, 28(4): 259-276.
- [16] 郑允, 苏文瀛, 黄毓斌, 江明耀, 高静华. 东方果实蝇生态调查技术之研究(一) 田间密度快速监测技术. *中华农业研究*, 2004, 53(3): 155-164.
- [17] 江明耀, 高静华, 黄毓斌, 郑允, 李木川. 东方果实蝇小面积区域防治模式研究(一) 莲雾园之测试. *台湾农业研究*, 2007, 56(3): 153-164.
- [18] 刘建宏, 叶辉. 光照、温度和湿度对桔小实蝇飞翔活动的影响. *昆虫知识*, 2006, 43(2): 211-214.
- [19] 林进添, 曾玲, 梁广文, 陆永跃, 王琳. 桔小实蝇雄成虫的空间分布格局. *华南农业大学学报*, 2005, 26(2): 43-46.
- [20] 张安盛, 冯建国, 于毅, 张思聪, 李照会. 桃一点斑叶蝉种群消长动态和空间分布型研究. *昆虫知识*, 2003, 40(5): 429-432.
- [21] 章玉萍, 曾玲, 陆永跃, 梁广文. 桔小实蝇对敌百虫抗性稳定性及再增长趋势. *昆虫学报*, 2008, 51(10): 1044-1049.
- [23] 刘建宏, 叶辉. 云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因子分析. *昆虫学报*, 2005, 48(5): 706-711.
- [24] 李周文婷, 曾玲, 梁广文, 谷文祥, 陆永跃. 不同温度和光照强度甲基丁香酚对桔小实蝇雄虫的诱捕率. *环境昆虫学报*, 2010, 32(3): 363-368.
- [26] 侯茂林, 文吉辉, 卢伟. 烟粉虱成虫在日光温室内的分布和日活动规律. *生态学报*, 2006, 26(5): 1431-1437.
- [28] 张清源, 林振基, 刘金耀, 陈华忠, 高泉准, 孙国坤, 洪赞桥, 孙德华, 陈加福. 桔小实蝇生物学特性. *华东昆虫学报*, 1998, 7(2): 65-68.
- [29] 林进添, 曾玲, 陆永跃, 梁广文, 许益鏖. 桔小实蝇的生物学特性及防治研究进展. *仲恺农业技术学院学报*, 2004, 17(1): 60-67.
- [30] 朱家颖, 肖春, 严乃胜, 袁盛勇. 橘小实蝇生物学特性研究. *山地农业生物学报*, 2004, 23(1): 46-49.

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 16 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 16 (August, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 1000717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 1000717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元