

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第6期 Vol.33 No.6 **2013**

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 33 卷 第 6 期

2013 年 3 月 (半月刊)

目 次

专论与综述

- 基于遥感技术的森林健康研究综述..... 高广磊,信忠保,丁国栋,等 (1675)
Agent 农业土地变化模型研究进展..... 余强毅,吴文斌,杨 鹏,等 (1690)

个体与基础生态

- 辽东湾北部近海沙蜃的动态分布..... 王 彬,秦宇博,董 婧,等 (1701)
口虾蛄 proPO 基因全长 cDNA 的克隆与组织表达..... 刘海映,刘连为,姜玉声,等 (1713)
中缅树鼯头骨及下臼齿几何形态与环境的关系..... 朱万龙,贾 婷,黄春梅,等 (1721)
亚热带 3 种树种凋落叶厚度对其分解速率及酶活性的影响..... 季晓燕,江 洪,洪江华,等 (1731)
浙北地区常见绿化树种光合固碳特征..... 张 娇,施拥军,朱月清,等 (1740)
两种高质牧草不同生育期光合生理日变化及光响应特征..... 郭春燕,李晋川,岳建英,等 (1751)
基于 WOFOST 作物生长模型的冬小麦干旱影响评估技术..... 张建平,赵艳霞,王春乙,等 (1762)
基于线粒体 DNA 控制区的斑翅草螽不同地理种群遗传分化研究..... 周志军,尚 娜,刘 静,等 (1770)
圈养尖吻蝾螈雌体大小、窝卵数和卵大小之间的关系..... 胡明行,谭群英,杨道德 (1778)
应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇..... 郑思宁,黄居昌,叶光禄,等 (1784)
青蒿素对外生菌根真菌化感效应..... 李 倩,袁 玲,王明霞,等 (1791)

种群、群落和生态系统

- 海湾生态系统健康评价方法构建及在大亚湾的应用..... 李纯厚,林 琳,徐姗姗,等 (1798)
上升流和水团对浙江中部近海浮游动物生态类群分布的影响..... 孙鲁峰,柯 昶,徐兆礼,等 (1811)
半干旱区生态恢复关键生态系统识别——以内蒙古自治区和林县为例.....
..... 彭 羽,高 英,冯金朝,等 (1822)
太岳山油松人工林土壤呼吸对强降雨的响应..... 金冠一,赵秀海,康峰峰,等 (1832)
重庆酸雨区马尾松林凋落物特征及对干旱胁迫的响应..... 王轶浩,王彦辉,于澎湃,等 (1842)

景观、区域和全球生态

- 城市典型水域景观的热环境效应..... 岳文泽,徐丽华 (1852)
外来树种桉树引种的景观生态安全格局..... 赵筱青,和春兰 (1860)
基于耕地生态足迹的重庆市耕地生态承载力供需平衡研究..... 施开放,刁承泰,孙秀峰,等 (1872)
大气 CO₂ 浓度升高对稻田根际土壤甲烷氧化细菌丰度的影响..... 严 陈,许 静,钟文辉,等 (1881)

资源与产业生态

- 基于可变模糊识别模型的海水环境质量评价..... 柯丽娜,王权明,孙新国,等 (1889)
亚热带养殖海湾皱瘤海鞘生物沉积的现场研究..... 闫家国,齐占会,田梓杨,等 (1900)
黄土高原典型苹果园地深层土壤氮磷钾养分含量与分布特征..... 张丽娜,李 军,范 鹏,等 (1907)

旱作农田不同耕作土壤呼吸及其对水热因子的响应..... 张丁辰,蔡典雄,代 快,等 (1916)

商洛低山丘陵区农林复合生态系统中大豆与丹参的光合生理特性..... 彭晓邦,张硕新 (1926)

外源油菜素内酯对镉胁迫下菊芋幼苗光合作用及镉富集的调控效应..... 高会玲,刘金隆,郑青松,等 (1935)

基于侧柏液流的测定对 Granier 原始公式系数进行校正 刘庆新,孟 平,张劲松,等 (1944)

研究简报

湿地自然保护区保护价值评价方法..... 孙 锐,崔国发,雷 霆,等 (1952)

干热河谷印楝和大叶相思人工林根系生物量及其分布特征..... 高成杰,唐国勇,李 昆,等 (1964)

海滨沙滩单叶蔓荆对沙埋的生理响应特征..... 周瑞莲,王 进,杨淑琴,等 (1973)

宁夏贺兰山、六盘山典型森林类型土壤主要肥力特征 姜 林,耿增超,张 雯,等 (1982)

学术争鸣

小兴安岭十种典型森林群落凋落物生物量及其动态变化..... 侯玲玲,毛子军,孙 涛,等 (1994)

中国生态学会 2013 年学术年会征稿通知 (2002)

第七届现代生态学讲座、第四届国际青年生态学者论坛通知 (I)

中、美生态学会联合招聘国际期刊主编 (i)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 328 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说: 亭亭玉立的白桦树——白桦为落叶乔木,可高达 25m,胸径 50cm。其树冠呈卵圆形,树皮白色,纸状分层剥离;叶三角状、卵形或菱状卵形;花单性,雌雄同株。白桦树喜光,耐严寒,对土壤适应性强,喜酸性土,沼泽地、干燥阳坡及湿润阴坡都能生长。常与红松、落叶松、山杨、蒙古栎混生。白桦的天然更新好,生长较快,萌芽强,在人为的采伐迹地或火灾、风灾等自然损毁的迹地里,往往由白桦首先进入,为先锋树种,而形成白桦次生林。白桦分布甚广,我国大、小兴安岭及长白山均有成片纯林,在华北平原和黄土高原山区、西南山地亦为阔叶落叶林及针叶阔叶混交林中的常见树种。

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

DOI: 10.5846/stxb201112281998

郑思宁, 黄居昌, 叶光禄, 陈家骅. 应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇. 生态学报, 2013, 33(6): 1784-1790.

Zheng S N, Huang J C, Ye G L, Chen J H. The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(6): 1784-1790.

应用寄生蜂和不育雄虫防控田间橘小实蝇

郑思宁¹, 黄居昌², 叶光禄³, 陈家骅^{2,*}

(1. 浙江大学管理学院 农业现代化与农村发展研究中心, 杭州 310058; 2. 福建农林大学益虫研究所, 福州 350028;

3. 福州市晋安河公园管理处, 福州 350011)

摘要: 食品安全已成为当今社会广受关注的问题。尽管国内的一些学者就阿里山潜蝇茧蜂 [*Fopius arisanus* (Sonan)] 和橘小实蝇 SIT 技术分别开展了不同程度的研究, 然而关于应用该蜂和不育雄虫对橘小实蝇 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 进行田间联合防治的研究还未见相关报道。为此, 为探讨天敌昆虫和雄性不育技术对橘小实蝇的田间综合治理 (IPM) 技术, 开展了阿里山潜蝇茧蜂和橘小实蝇不育雄虫的田间释放试验: 首先应用性引诱剂降低田间野生雄虫数量; 而后, 释放橘小实蝇不育雄虫, 进一步降低田间橘小实蝇种群数量; 最后, 释放阿里山潜蝇茧蜂对田间残余的橘小实蝇卵进行追踪寄生, 以达到持续控制的目的。通过监测整个防控期田间橘小实蝇的种群数量以及果实受害率和防治效果作为评价指标评价该防治方法的综合防治效果。结果表明: 应用阿里山潜蝇茧蜂、橘小实蝇不育雄虫并配合引诱剂的综合措施对橘小实蝇的种群数量有明显控制作用, 田间总体防治效果可达 90% 左右。此外, 提出完善橘小实蝇田间防控措施的建议, 并提出该研究的不足以及有待进一步开展研究的方向。

关键词: 橘小实蝇; 阿里山潜蝇茧蜂; 不育雄虫; 防控效果

The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male

ZHENG Sining¹, HUANG Juchang², YE Guanglu³, CHEN Jiahua^{2,*}

1 School of Management, Center for Agricultural and Rural Development (CARD), Zhejiang University, Hangzhou 310058, China

2 Beneficial Insect Institute, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350028, China

3 Fuzhou Jin-an River Park Service, Fujian 350011, China

Abstract: Although some Chinese scholars have conducted research related to the parasitoid wasp *Fopius arisanus* (Sonan) and sterile males of the Oriental fruit fly [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)], research related to the integrated control of *B. dorsalis* using both the parasitoid and sterile males of *B. dorsalis* has not yet been conducted. Three steps were used to achieve the goal of controlling *B. dorsalis* using the parasitoid wasp *F. arisanus* and sterile males of *B. dorsalis*. First, the size of the male fruit fly population was partially controlled using an attractant to initially reduce the size of the population. Second, the population was further controlled by releasing sterile males of *B. dorsalis*. Finally, the residual eggs of *B. dorsalis* in the field were parasitized by releasing *F. arisanus*. To evaluate the effects of this integrated pest management (IPM) system on controlling *B. dorsalis* populations, the effects of these three field-based control methods were evaluated by monitoring the population dynamics of *B. dorsalis* and by investigating the level of fruit damage in the field during the entire IPM process. Specifically, the results of paired-samples T-test were used to evaluate the differences in population dynamics between orchards that received different treatments. The average level of fruit damage and the effectiveness of the

基金项目: 国家自然科学基金重大国际 (地区) 合作研究项目 (71020107028); 农业部公益性行业 (农业) 科研专项资助 (200903047-2)

收稿日期: 2011-12-28; **修订日期:** 2012-08-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenjh34@yahoo.com.cn; sereneman@126.com

control methods were used to evaluate the overall control effectiveness of IPM in the field. The results show, first, that the population of *B. dorsalis* can be effectively reduced using an attractant. Second, controlling a population of *B. dorsalis* by releasing the parasitoid wasp *F. arisanus* and sterile males of *B. dorsalis* takes a long time and the effects are not immediately obvious. Third, using these two methods together in the field combined with use of an attractant played a significant role in controlling the population of *B. dorsalis*. Fourth, 90% total control effectiveness can be achieved with these methods. Last, some useful and effective methods for improving control of this pest were also proposed, and drawbacks of the methods used in this study were presented. Based on our results, we suggest successful IPM requires a population of *B. dorsalis* to first be reduced using an attractant about 1 month before releasing the parasitoid species and sterile males. Next, based on the limitations of this study, some suggestions for further research are presented. First, no uniform standard is available for the concentration or mixing of the attractant suspension in the traps, so this could be analyzed in future. Second, this test was carried out only in a valley, so the effectiveness of this IPM technique should be tested on other terrain. Third, additional testing should be conducted to perfect this IPM. For example, tests using only the parasitoid wasp or only sterile males will be done in future research. Also, future studies could test the effectiveness of releasing different numbers of the parasitoid and/or sterile males at different intervals as a single control measure. Also, studies analyzing and comparing of the economic benefits of different versions of this IPM should be conducted.

Key Words: *Bactrocera dorsalis* (Hendel); *Fopius arisanus* (Sonan); sterile male; effect of control

橘小实蝇 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)], 俗称果蛆、金苍蝇, 又称东方果实蝇, 是一种世界性检疫害虫。橘小实蝇寄主范围广, 危害大, 防治困难^[1-2], 在国内主要分布于长江以南地区, 严重为害多种水果和蔬菜^[3-5]。目前生产上防治橘小实蝇主要采用套袋、性诱及施用化学农药等措施, 难以对该虫进行有效防控^[6]。另外, 食品安全和可持续发展已成为当今社会广受关注的问题, 应用生物防治技术可以减少农药残留, 提高农产品品质, 从源头上解决食品安全问题的同时更有利于保护生态环境和农业的可持续发展。

阿里山潜蝇茧蜂 [*Fopius arisanus* (Sonan)] 是实蝇的一种卵-蛹跨期寄生蜂, 对橘小实蝇有良好的控制效果, 主要寄生橘小实蝇的卵, 也能寄生其幼虫^[7-9]。据 Vargas 等^[8]报道, 2006 年在塔希提岛番石榴园内阿里山潜蝇茧蜂的自然寄生率达 51.9%; 在夏威夷岛的一些番石榴园中该蜂对橘小实蝇的寄生率为 41%—72%^[10]。

橘小实蝇不育技术是昆虫不育技术 (Sterile Insect Technology, SIT) 的一种应用, 指用钴 (⁶⁰Co) 对橘小实蝇蛹进行辐照处理, 将羽化后的不育雄成虫释放到果园, 不育雄成虫与野生雌成虫交配, 产下的卵不孵化, 释放足够数量的不育实蝇后, 野生群体实蝇数量将会大量减少^[10]。国内外学者对此进行了许多探讨, 美国夏威夷和日本的诸多小岛都应用 SIT 技术防治实蝇类害虫, 防治效果十分显著^[10-12]。

近几年, 国内一些学者对阿里山潜蝇茧蜂^[13-17]和橘小实蝇 SIT 技术^[18-24]分别进行了不同程度的研究, 但尚未见有关应用实蝇寄生蜂和不育雄虫综合防治橘小实蝇及其防治效果评测方法的报道。本文对阿里山潜蝇茧蜂、橘小实蝇不育雄虫进行田间释放试验, 并配合性引诱剂的使用, 评价对橘小实蝇的防控效果, 旨在为完善该害虫的生物防治技术提供参考。

开展橘小实蝇田间综合治理 (IPM) 的总体策略是: 首先通过悬挂甲基丁香酚 (Methyl Eugenol, ME) 诱捕器诱杀橘小实蝇雄成虫, 以降低其种群数量, 然后释放不育雄虫, 不育雄虫和田间雌虫交配产下不能孵化的卵, 进一步降低田间实蝇的种群数量, 对于田间残留的橘小实蝇, 则通过释放寄生蜂来追踪寄生, 达到持续控制该虫的目的。

1 材料与方法

1.1 供试材料

阿里山潜蝇茧蜂的大量饲养方法参照耿军灵^[13]的报道, 室内饲养温度为 (25 ± 1) °C, 相对湿度

(70±5)% , 光周期 D:L=12:12。

橘小实蝇不育雄虫: 橘小实蝇室内用人工饲料进行饲养^[24], 虫源采自福建省漳州市果园的受害芭乐果 (*Psidium guajava* L.), 饲养温度 (25±1) °C, 相对湿度 (65±5)%, 光周期 D:L=12:12, 试验虫源为室内饲养第 28 代。经上述方法培育的橘小实蝇的雄蛹, 用染色标记后, 经过⁶⁰Co 辐照 (辐照剂量为 100 Gy, 剂量率约为 1.0 Gy/min) 羽化的不育雄成虫^[19,21]。

甲基丁香酚 (性诱剂, methyl eugenol, ME): 江苏禾丰生化研究所生产, 为纯化学品, 含量 ≥99%。

诱捕器: 佛山顺德容桂利合塑料五金厂生产 (专利号: 03361995.6)。

释放阿里山潜蝇茧蜂容器: 释放笼子 (长×宽×高=100 cm×100 cm×50 cm) 和饲养笼子 (长×宽×高=25 cm×25 cm×25 cm) 均采用铝合金方条焊接成一定尺寸的框架, 外围用 80 目尼龙网纱固定, 使笼内保持良好的通风透气性, 笼子的一侧安装一个活动门, 以便于试验操作。

1.2 试验方法

试验于 2008 年 7 月—2009 年 1 月在福州市闽侯县龙台山生态园进行 (试验点以种植柑橘为主。地形除北面为平地外, 其他方向均为山地)。选择 3 个管理水平大体相同、树龄一致、相对隔离的果园进行; 其中两个为防治区, 1 个为对照区, 每个果园面积 3 000 m² 左右。

防治区分别标记为果园 A 和果园 B。分别于 10 月 7 日、14 日在果园 A、果园 B 2 次释放橘小实蝇不育雄虫各 50 000 头; 并于 10 月 20 日和 23 日在同一地点各释放寄生蜂 4000 对, 释放方法参照郑思宁^[25]。为降低野生橘小实蝇雌虫数量, 增加不育雄虫与野生雌虫的交配竞争几率, 曾于第 1 次释放不育雄虫之前的 9 月 30 日在两个果园分别进行悬挂 ME 诱捕器诱集园内的实蝇雄虫 (每 667 m² 挂 0.5 个诱捕器), 至第 1 次释放不育雄虫时收回诱捕器。对照区为果园 C, 距离防治区约 2 km。对照区内的橘小实蝇不采取任何防治措施。

检查方法: 每个果园设置 3 个诱捕器 (监测橘小实蝇种群数量), 每隔 7 d 观察诱捕器中橘小实蝇的数量并做好数据记录。在每个试验区中以每 667 m² 为单位随机取 5 个点, 每个点 3 株, 每 15 d 左右记录每株的结果数和橘小实蝇为害果实数, 计算果实受害率。

1.3 数据分析

试验数据用 Excel 2003 和 SPSS 16.0 统计分析软件进行处理。

1.3.1 橘小实蝇田间种群数量防控效果评价

(1) 用 paired-samples *t*-test (配对 *t* 测验法) 检测种群动态之间的显著性^[26]。

(2) 校正虫口减退率计算公式为:

$$DR = \left(1 - \frac{CK_i - C_j}{CK_j - C_i}\right) \times 100\% \quad (1)$$

式中, *DR* 是橘小实蝇的校正虫口减退率, *CK_i* 为防治前对照区诱虫数, *CK_j* 为防治后对照区诱虫数, *C_i* 为防治前防治区诱虫数, *C_j* 为防治后防治区诱虫数。

1.3.2 果实田间防治效果评价

$$\text{果实受害率} = \left(\frac{\text{所调查的被橘小实蝇为害的果实数}}{\text{所有调查的果实数}}\right) \times 100\% \quad (2)$$

$$\text{防治效果} = \left(1 - \frac{\text{防治后的果实受害率}}{\text{防治前的果实受害率}}\right) \times 100\% \quad (3)$$

用 SSR (新复极差法) 检测田间防治效果的显著性^[26]。

2 结果与分析

2.1 田间橘小实蝇种群数量防控效果评价

2008 年 7—12 月龙台山生态园防治区和对照区橘小实蝇种群动态见图 1。由图 1 可知, 防治区的橘小实蝇种群数少于对照区。为明确防治区与对照区橘小实蝇种群动态的关系, 对图 1 的数据进行配对 *t* 测验, 结果表明 (表 1): 防治区平均每 7d 共诱捕到橘小实蝇数为 43.14 头/瓶, 而对照区则为 114.32 头/瓶, 后者

是前者的近 3 倍, 差异达极显著水平($P=0.000<0.01$)。

由公式(1)计算的 10 月 7 日至 12 月 16 日的校正虫口减退率见图 2, 在悬挂诱捕器 1 周后(10 月 7 日), 校正虫口减退率上升为 52.94%; 悬挂诱捕器 2 周, 释放不育雄虫 1 周以后(10 月 14 日), 校正虫口减退率上升到 56.38%, 可见悬挂诱捕器能有效降低田间橘小实蝇的虫口数量。之后, 校正减退率有所下降, 距第 2 次释放不育雄虫 1 周后(10 月 21 日), 校正减退率下降到 34.19%, 说明释放不育雄虫和寄生蜂对橘小实蝇种群数量控制的短期效果不明显。随后该指数又平稳上升, 距第 1 次释放不育雄虫 4.5 周(11 月 11 日), 校正减退率上升到 62.51%。可见两种防治手段结合使用并配合引诱剂的防治方法可长期有效地控制橘小实蝇的种群数量。11 月 18 日的虫口减退率骤降到 25.05%, 可能与水果成熟期以及天气变化等综合因素有关。

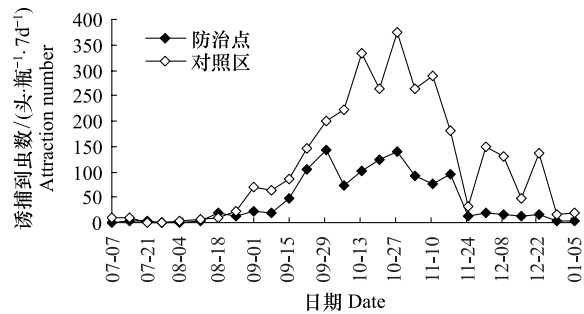


图 1 防治区和对照区橘小实蝇种群动态比较
Fig. 1 Comparison of the population dynamics of *B. dorsalis* (Hendel) in the controlled and uncontrolled regions

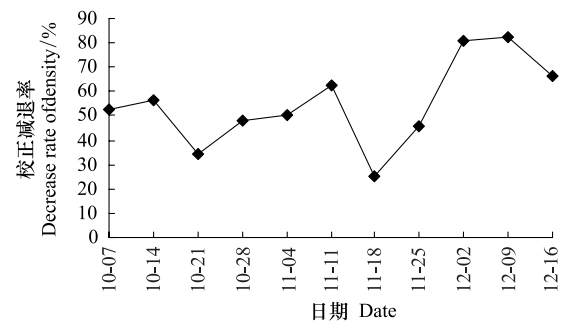


图 2 橘小实蝇校正虫口减退率
Fig. 2 Decrease rate of density of *B. dorsalis* (Hendel)

由图 1 可知, 在 11 月 25 日后, 即寒潮过后, 对照区的种群数量迅速出现反弹, 12 月 2 日对照区的种群数量为 149.2 头/瓶, 而防治区始终保持在较低水平, 校正减退率由 11 月 18 日的 25.05% 上升到 12 月 9 日的 82.75% (图 2)。这进一步表明该综合防治方法对橘小实蝇种群长期控制的效果明显。

2.2 橘小实蝇的田间防治效果

根据公式(2)和公式(3)计算果实的为害率和防治效果见表 2 和表 3。

表 2 龙台山生态园果实受橘小实蝇为害情况

Table 2 The fruits damaged by *B. dorsalis* (Hendel) in ecological orchard at Longtai Mountain

调查日期 (月-日) Investigate date (month-day)	供试果园 Orchard for the test	调查果数 Investigated fruit	为害果数 Damaged fruit	平均为害率 * / % Average damaged rate
10-15	对照果园 C	486	210	39.31±8.36aA
	果园 A	499	151	30.12±5.9aA
	果园 B	666	224	34.18±7.7aA
11-01	对照果园 C	610	269	45.66±9.47aA
	果园 A	526	166	31.89±4.56bA
	果园 B	522	167	32.50±5.07bA
11-18	对照果园 C	617	260	41.35±10.30aA
	果园 A	296	56	21.00±8.47bAB
	果园 B	421	44	9.49±5.36cB
12-01	对照果园 C	488	203	41.81±14.17aA
	果园 A	341	14	3.79±2.50bB
	果园 B	643	40	6.04±3.77bB
12-16	对照果园 C	526	207	40.77±9.87aA
	果园 A	436	19	3.76±3.16bB
	果园 B	487	11	2.15±1.05bB
01-02	对照果园 C	409	154	27.8±4.67aA
	果园 A	216	10	3.30±2.23bB
	果园 B	585	14	1.85±1.56bB

* 同一调查日期平均为害率数据后的不同小写字母表示差异达 5% 显著水平, 不同大写字母表示差异达 1% 显著水平

由表 2 可知, 距第 1 次释放橘小实蝇不育雄虫 1 周以后(10 月 15 日)果实的受害率没有明显变化; 3 周后(11 月 1 日), 果园 A 与果园 B 的受害率与对照果园相比明显下降, 平均受害率分别为 31.89% 和 32.50%, 与对照果园差异显著, 但未达到极显著; 距第 1 次释放不育雄虫 5 周, 距最后一次释放寄生蜂 3 周后(11 月 18 日), 果园 A 的平均受害率下降到 21.00%, 而果园 B 下降到 10% 以下, 果园 B 与对照果园的差异达到极显著。距第 1 次释放不育雄虫 7 周, 距最后一次释放寄生蜂 5 周(12 月 1 日), 果园 A 的平均受害率降到 3.79%, 果园 B 降到 6.04%, 二者与对照果园有极显著差异。之后, 果实受害率进一步下降, 距第 1 次释放不育雄虫 9 周, 距最后一次释放寄生蜂 7 周后(12 月 16 日), 果园 A 的平均受害率为 3.76%, 果园 B 降到 2.15%, 而对照果园 C 的受害率始终保持 40% 左右。1 月 2 日对照果园 C 的受害率有所下降, 可能是由于气温下降到橘小实蝇发育起点温度以下, 橘小实蝇进入越冬期所致。

就防治效果而言(表 3), 距第 1 次释放不育雄虫 4 周, 距最后一次释放寄生蜂 2 周后(11 月 1 日), 果园 A 与果园 B 的防治效果仅分别为 -5.86% 和 4.91%; 距第 1 次释放不育雄虫 5 周, 距最后一次释放寄生蜂 3 周后(11 月 18 日), 果园 A 与果园 B 的防治效果分别上升到 34.14% 和 70.79%; 距第 1 次释放不育雄虫 7 周, 距最后一次释放寄生蜂 5 周后(12 月 1 日), 果园 A 与果园 B 的防治效果分别达到 81.94% 和 36.43%; 距第 1 次释放不育雄虫 9 周, 距最后一次释放寄生蜂 7 周后(12 月 16 日), 果园 A 与果园 B 的防治效果分别达到 0.94% 和 64.43%; 果园 A 与果园 B 的总体防治效果分别达到 87.58% 和 93.90%, 平均防治效果超过 90%。综合考虑果园 A 和果园 B, 两种防治手段结合使用的防治方法的最高防治效果在距第 1 次释放不育雄虫 7 周, 距最后一次释放寄生蜂 5 周后(12 月 1 日), 平均防治效果达到 59.18%。

表 3 橘小实蝇的田间防治效果

Table 3 The control effectiveness of *B. dorsalis* (Hendel) in the field

供试果园 Orchard for the test	防治效果 Control effectiveness/%					总体防治效果 Total control effectiveness/%
	10-15—11-01	11-01—11-18	11-18—12-01	12-01—12-16	12-16—01-02	
A 果园 Orchard A	-5.86	34.14	81.94	0.94	12.20	87.58
B 果园 Orchard B	4.91	70.79	36.43	64.43	13.84	93.90
平均 Average	-0.48	52.46	59.18	32.68	13.02	90.74

3 小结与讨论

试验表明: (1) 橘小实蝇种群数量控制方面, 悬挂诱捕器对橘小实蝇种群数量的控制作用尤为明显; 释放不育雄虫和释放寄生蜂对橘小实蝇种群数量短期效果不明显, 但从长期看有一定的效果; 两种防治手段结合使用并配合使用引诱剂的防治方法效果明显。(2) 田间防治效果方面, 两种防治手段结合使用并配合引诱剂的防治方法的短期防治效果不明显, 但长期控制的效果明显。这可能与不育雄虫是通过与雌虫交配后使雌虫产不育卵有个时间过程, 而之前正常孵化的橘小实蝇幼虫仍能继续危害。橘小实蝇从卵到成虫需要 18 d 左右的时间, 因此 3 周后才显示出防治效果。根据以上分析, 笔者建议在果实成熟期前 1 个月就可进行引诱剂防治, 以降低田间橘小实蝇的种群数量, 为释放不育雄虫打下基础。

提出了应用寄生蜂和不育雄虫并配合使用 ME 的联合防治方法。该防治措施是在大量室内实验的基础上提出的, 其科学假设的前提是: 首先, 由于橘小实蝇的性引诱剂 (ME) 仅能杀灭橘小实蝇的雄成虫, 但如果田间存在残留的橘小实蝇雄虫, 将会与雌虫进行交配, 相关研究表明, 野生雄虫的连续交配能力高达 (192.33 ± 2.03) 次/头^[27]。为此, 单一进行悬挂诱捕器的 ME 防治措施不可能达到很好的防治效果。其次, 虽然国外的研究表明释放不育雄虫能很好地控制橘小实蝇的种群数量, 但郭庆亮的研究结果表明, 不育雄虫竞争交配成功率仅达到 $(22.00 \pm 2.31)\%$, 而野生雄虫却高达 $(68.67 \pm 1.76)\%$, 交配竞争系数 (MCI) 仅为 0.22^[27]。因此, 为了达到更好的防治效果, 有必要在释放不育雄虫前通过悬挂诱捕器来降低田间野生雄虫的种群数量。再次, 由于阿里山潜蝇茧蜂主要寄生橘小实蝇的卵和幼虫, 直到橘小实蝇幼虫入土化蛹后羽

化^[13],为此,单一释放寄生蜂的防治方法对橘小实蝇为害的短期防治效果是极其有限的,释放寄生蜂的目的仅是在上述防治方法基础上对田间残留的橘小实蝇卵进行追踪寄生,达到持续控制的目的。

本试验在措施上比较粗放,如每 667 m² 挂 0.5 个诱捕器,与标准要求每 667 m² 悬挂 4—5 个相比,显然数量不足,也影响了防治的效果。第二,防治效果试验的地点在龙台山生态园,为山地地形,因此橘小实蝇不育雄虫会聚集在山谷中,从而提高防治效果,而对于其它地形的防治效果有待于进一步探讨。第三,虽然通过室内实验和田间试验表明该综合防治措施是符合科学假设的,但为了更进一步明确和完善该防治方法的可行性,今后应该对单一的寄生蜂和不育雄虫的防治措施进行深入探讨,以改进综合防治方法,如:单一和综合防治措施中寄生蜂和不育雄虫的释放量、释放间隔期以及经济阈值等。此外,田间试验的干扰因素较多,加之果农对生物防治的认识还有差距,也影响了生物防治措施的实施到位这些都需要在今后的研究中予以进一步完善。最后,该防治措施的推广工作也将是今后研究中需要关注的焦点。该联合防治方法需要建立在果农充分认识并有效组织、整合土地的基础上,分散的土地经营模式将阻碍该防治措施的推广。为此,如何让果农充分认识到该防治方法的重要性,从而形成有效的专业合作组织也是本研究今后需要关注的重点问题。

References:

- [1] Steiner L F. Field evaluation of oriental fruit fly insecticides in Hawaii. *Journal of Economic Entomology*, 1957, 50: 16-24.
- [2] Christenson L D, Foote R H. Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 1960, 5(1): 171-192.
- [3] Fan J A. Studies on the assessment of potential establishment of oriental fruit (*Bactrocera dorsalis*) in China with synthetic judgement on fuzzy mathematics. *Plant Quarantine*, 1998, 12(2): 76-80.
- [4] Liu Y M. *Plant Quarantine Manual*. Wuhan: Hubei Science and Technology Press, 2000: 231-232.
- [5] Zhan K R, Zhao S X, Zhu S F, Zhou W C, Wang N W. Study on viability of *Bactrocera dorsalis* in China. *Journal of South China Agricultural University*, 2006, 27(4): 21-25.
- [6] Lin J T, Ceng L, Liu 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.
- [7] Rousse P, Harris E J, Quilici S. *Fopius arisanus*, an egg-pupal parasitoid of Tephritidae. *Biocontrol News and Information*, 2005, 26(2): 59-69.
- [8] Vargas R I, Leblanc L, Putoa R, Eitam A. Impact of introduction of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) and classical biological control releases of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae) on economically important fruit flies in French polynesia. *Journal of Economic Entomology*, 2007, 100(3): 670-679.
- [9] Eitam A, Vargas R I. Host habitat preference of *Fopius arisanus* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of Tephritid fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 2007, 100(4): 603-608.
- [10] Knippling E F. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *Journal of Economic Entomology*, 1955, 48(4): 459-462.
- [11] IAEA. Thematic Plan for Fruit Fly Control Using the Sterile Insect Technique. Vienna, Austria: 1999
- [12] IAEA-IP-NA-D4-01. Thematic Plan for the Sterile Insect Technique for Old and New World Screwworm. Vienna, Austria: 1998
- [13] Geng J L. Study on Mass-rearing of *Fopius arisanus* (Sonan) and Biological Control Effect on *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Orchards[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2009.
- [14] Liang G H, Wu Y, Chen J H. Seasonal incidence of *Bactrocera dorsalis* and its parasitoids in the field. *Journal of Southwest Forestry College*, 2006, 26(6): 73-78.
- [15] Yao J M, Xie C G, He Y B, Qiu B, Chen H Y, Xu Z F. Investigation on hymenopterous parasitoids of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangdong. *Journal of Environmental Entomology*, 2008, 30(4): 350-356.
- [16] Geng J L, Yang J Q, Zheng M L, Huang J C, Ji Q E, Chen J H. Effects of agar to water ratio on the parasite efficiency of *Fopius arisanus*. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2009, 29(2): 166-168.
- [17] Geng J L, Zheng M L, Yang J Q, Huang J C, Ji Q E, Chen J H. Effects of adult density and the ratio of host egg to female parasitoid on the offspring of *Fopius arisanus*. *Journal of Fujian Agriculture and Forestry University: Natural Science Edition*, 2009, 38(4): 348-350.
- [18] Liu X, Hua Y J, Sun J H, Xu B J. Advances and future prospects of nuclear techniques applied in entomology. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2001, 15(5): 316-320.

- [19] Liang G Q, Liang F, Wu J J, Li H H. The first report of the study on sterile treatment for Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2003, 25(6): 904-905.
- [20] Ji Q E, Hou W R, Chen J H. Development of a genetic sexing strain and the sterile male technique of the Oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Acta Entomologica Sinica*, 2007, 50(10): 1002-1008.
- [21] Ji Q E, Hou W R, Chen J H. Sterile insect technique of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) — optimal Pupal age and dose of irradiation treatment for male pupae. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2007, 21(5): 53-52.
- [22] Ji Q E, Du Y G, Hou W R, Chen J H. Viability of the miss-sexed female pupae in the process of application of sterile insect technique of male oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2008, 22(1): 97-100.
- [23] Guo Q L, Yang C H, Chen J H, Ji Q E. Choosing male *Bactrocera dorsalis* (Hendel) without taxis to methyl eugenol. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2010, 31(5): 845-848.
- [24] Yuan S Y, Xiao C, Li Z Y, Zhu J Y. A study on laboratory rearing techniques for *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis: Natural Sciences Edition*, 2003, 25(4): 577-580.
- [25] Zheng S N. Studies on Population Dynamics and Field Control of *Bactrocera Dorsalis* (Hendel) [D]. Fuzhou, Fujian Agriculture and Forestry University, 2009: 72-82.
- [26] Gai J Y. The Methods of Test Statistics. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 86-88, 105-108, 227-231.
- [27] Guo Q L. The orient fruit fly genetic sexing strain biological characteristics and male sterility technology [D]. Fuzhou, Fujian Agriculture and Forestry University, 2010.

参考文献:

- [3] 范京安. 用模糊综合评判法探讨桔小实蝇在中国的适生分布. *植物检疫*, 1998, 12(2): 76-80.
- [4] 刘元明. *植物检疫手册*. 武汉: 湖北科学技术出版社, 2000: 231-232.
- [5] 詹开瑞, 赵士熙, 朱水芳, 周卫川, 王念武. 桔小实蝇在中国的适生性研究. *华南农业大学学报: 自然科学版*, 2006, 27(4): 21-25.
- [6] 林进添, 曾玲, 陆永跃, 梁广文, 许益鏊. 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.
- [13] 耿军灵. 阿里山潜蝇茧蜂大量饲养及对橘小实蝇的控制研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
- [14] 梁光红, 武英, 陈家骅. 桔小实蝇及其寄生蜂消长规律. *西南林学院学报*, 2006, 26(6): 73-78.
- [15] 姚婕敏, 谢翠红, 何衍彪, 邱波, 陈华燕, 许再福. 广东橘小实蝇寄生蜂调查. *环境昆虫学报*, 2008, 30(4): 350-356.
- [16] 耿军灵, 杨建全, 郑敏琳, 黄居昌, 李清娥, 陈家骅. 不同琼脂配比对阿里山潜蝇茧蜂寄生效果的影响. *福建林学院学报*, 2009, 29(2): 166-168.
- [17] 耿军灵, 郑敏琳, 杨建全, 黄居昌, 李清娥, 陈家骅. 成蜂饲养密度和繁蜂益害比对阿里山潜蝇茧蜂子代的影响. *福建农林大学学报: 自然科学版*, 2009, 38(4): 348-350.
- [18] 刘新, 华跃进, 孙锦荷, 徐步进. 核技术在昆虫学研究领域中的应用进展和前景. *核农学报*, 2001, 15(5): 316-320.
- [19] 梁广勤, 梁帆, 吴佳教, 李惠河. 桔小实蝇不育处理试验研究初报. *江西农业大学学报*, 2003, 25(6): 904-905.
- [20] 李清娥, 侯伟荣, 陈家骅. 橘小实蝇遗传性别品系的建立及雄性不育技术. *昆虫学报*, 2007, 50(10): 1002-1008.
- [21] 李清娥, 侯伟荣, 陈家骅. 橘小实蝇雄性不育技术——雄蛹辐照最佳时期和剂量. *核农学报*, 2007, 21(5): 53-52.
- [22] 李清娥, 杜迎刚, 侯伟荣, 陈家骅. 橘小实蝇雄性不育技术应用过程中混入雌虫活力的研究. *核农学报*, 2008, 22(1): 97-100.
- [23] 郭庆亮, 杨春花, 陈家骅, 李清娥. 对甲基丁香酚无趋性的橘小实蝇遗传性别品系雄虫的筛选. *热带作物学报*, 2010, 31(5): 845-848.
- [24] 袁盛勇, 肖春, 李正跃, 朱家颖. 桔小实蝇实验室饲养技术研究. *江西农业大学学报: 自然科学版*, 2003, 25(4): 577-580.
- [25] 郑思宁. 橘小实蝇种群动态及田间防治应用的研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2009: 72-82.
- [26] 盖钧镒. *试验统计方法*. 北京: 中国农业出版社, 2000: 86-88, 105-108, 227-231.
- [27] 郭庆亮. 橘小实蝇(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))遗传性别品系生物学特性及其雄性不育技术 [D]. 福州: 福建农林大学, 2010.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 6 March, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Review and Monograph

- Forest health studies based on remote sensing: a review GAO Guanglei, XIN Zhongbao, DING Guodong, et al (1675)
- Progress of agent-based agricultural land change modeling: a review YU Qiangyi, WU Wenbin, YANG Peng, et al (1690)

Autecology & Fundamentals

- Dynamic distribution of *Nemopilema nomurai* in inshore waters of the northern Liaodong Bay, Bohai Sea WANG Bin, QIN Yubo, DONG Jing, et al (1701)
- Full length cDNA cloning and tissue expression of prophenoloxidase from *Oratosquilla oratoria* LIU Haiying, LIU Lianwei, JIANG Yusheng, et al (1713)
- Morphometrics investigation of the skulls, mandibles and molar in *Tupaia belangeri* from Yunnan, Guizhou, Guangxi ZHU Wanlong, JIA Ting, HUANG Chunmei, et al (1721)
- Effects of litter thickness on leaf litter decomposition and enzyme activity of three trees in the subtropical forests JI Xiaoyan, JIANG Hong, HONG Jianghua, et al (1731)
- The photosynthetic carbon fixation characteristics of common tree species in northern Zhejiang ZHANG Jiao, SHI Yongjun, ZHU Yueqing, et al (1740)
- Diurnal changes in the photosynthetic characteristics of two high yield and high quality grasses during different stages of growth and their response to changes in light intensity GUO Chunyan, LI Jinchuan, YUE Jianying, et al (1751)
- Evaluation technology on drought disaster to yields of winter wheat based on WOFOST crop growth model ZHANG Jianping, ZHAO Yanxia, WANG Chunyi, et al (1762)
- Genetic diversity of *Conocephalus maculatus* of different geographic populations based on mitochondrial DNA control region analysis ZHOU Zhijun, SHANG Na, LIU Jing, et al (1770)
- Relationships among female body size, clutch size, and egg size in captive *Deinagkistrodon acutus* HU Minghang, TAN Qunying, YANG Daode (1778)
- The field control of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) with parasitoid and sterile male ZHENG Sining, HUANG Juchang, YE Guanglu, et al (1784)
- Allelopathic effects of artemisinin on ectomycorrhizal fungi LI Qian, YUAN Ling, WANG Mingxia, et al (1791)

Population, Community and Ecosystem

- Establishment of integrated methodology for bay ecosystem health assessment and its application in Daya Bay LI Chunhou, LIN Lin, XU Shannan, et al (1798)
- The influence of upwelling and water mass on the ecological group distribution of zooplankton in Zhejiang coastal waters SUN Lufeng, KE Chang, XU Zhaoli, et al (1811)
- Identification of key ecosystem for ecological restoration in semi-arid areas: a case study in Helin County, Inner Mongolia PENG Yu, GAO Ying, FENG Jinzhao, et al (1822)
- The great rainfall effect on soil respiration of *Pinus tabulaeformis* plantation in Taiyue Mountain JIN Guanyi, ZHAO Xiuhai, KANG Fengfeng, et al (1832)
- The litter-fall characteristics and their response to drought stress in the Masson pins forests damaged by acid rain at Chongqing, China WANG Yihao, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1842)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Thermal environment effect of urban water landscape YUE Wenze, XU Lihua (1852)
- Landscape ecological security pattern associated with the introduction of exotic tree species *Eucalyptus* ZHAO Xiaoqing, HE Chunlan (1860)
- Ecological balance between supply and demand in Chongqing City based on cultivated land ecological footprint method SHI Kaifang, DIAO Chengtai, SUN Xiufeng, et al (1872)
- Effect of elevated CO₂ on methanotrophs in the rhizosphere of rice plant YAN Chen, XU Jing, ZHONG Wenhui, et al (1881)

Resource and Industrial Ecology

- The seawater environment quality evaluation research base on variable fuzzy pattern recognition model KE Lina, WANG Quanming, SUN Xinguo, et al (1889)
- An *in situ* study on biodeposition of ascidian (*Styela plicata*) in a subtropical aquaculture bay, southern China YAN Jiaguo, QI Zhanhui, TIAN Ziyang, et al (1900)
- Distribution of soil NPK nutrient content in deep soil profile of typical apple orchards on the Loess Plateau ZHANG Lina, LI Jun, FAN Peng, et al (1907)
- Soil respiration and its responses to soil moisture and temperature under different tillage systems in dryland maize fields ZHANG Dingchen, CAI Dianxiong, DAI Kuai, et al (1916)
- Photosynthetic characteristics of soybean and salvia in an agroforestry system in the Hilly Region, Shangluo, China PENG Xiaobang, ZHANG Shuoxin (1926)
- Regulation of exogenous brassinosteroid on growth and photosynthesis of *Helianthus tuberosus* seedlings and cadmium biological enrichment under cadmium stress GAO Huiling, LIU Jinlong, ZHENG Qingsong, et al (1935)
- Calibration coefficients of Granier original formula based on sap flow of *Platycladus orientalis* LIU Qingxin, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (1944)

Research Notes

- An evaluation index system classifying the conservation value of wetland nature reserves based on AHP SUN Rui, CUI Guofa, LEI Ting, et al (1952)
- Root biomass and its distribution of *Azadirachta indica* and *Acacia auriculiformis* plantations in the Dry-hot Valley GAO Chengjie, TANG Guoyong, LI Kun, et al (1964)
- Physiological response of *Vitex trifolia* to sand burial in the sand coast ... ZHOU Ruilian, WANG Jin, YANG Shuqin, et al (1973)
- Soil fertility under different forest types in the Helan and Liupan Mountain ranges of Ningxia Province JIANG Lin, GENG Zengchao, ZHANG Wen, et al (1982)

Opinions

- Dynamic of litterfall in ten typical community types of Xiaoxing'an Mountain, China HOU Lingling, MAO Zijun, SUN Tao, et al (1994)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 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)

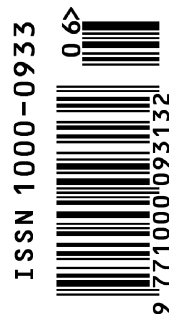
第 33 卷 第 6 期 (2013 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 6 (March, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, 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:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, 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 90.00 元