

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第5期 Vol.33 No.5 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 (SHENTAI XUEBAO)

第33卷 第5期 2013年3月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 氮沉降对森林土壤有机质和凋落物分解的影响及其微生物学机制 王晶苑, 张心昱, 温学发, 等 (1337)
工业大麻对重金属污染土壤的治理研究进展 梁淑敏, 许艳萍, 陈 裕, 等 (1347)
最佳管理措施评估方法研究进展 孟凡德, 耿润哲, 欧 洋, 等 (1357)
灌木年轮学研究进展 芦晓明, 梁尔源 (1367)

个体与基础生态

- 华北落叶松夜间树干液流特征及生长季补水格局 王艳兵, 德永军, 熊 伟, 等 (1375)
土壤干旱胁迫对沙棘叶片光合作用和抗氧化酶活性的影响 裴 斌, 张光灿, 张淑勇, 等 (1386)
湖北石首麋鹿昼间活动时间分配 杨道德, 李竹云, 李鹏飞, 等 (1397)
三种杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的影响 杨 桦, 杨 伟, 杨春平, 等 (1405)

种群、群落和生态系统

- 三沙湾浮游动物生态类群演替特征 徐佳奕, 徐兆礼 (1413)
滇西北高原纳帕海湿地湖滨带优势植物生物量及其凋落物分解 郭绪虎, 肖德荣, 田 昆, 等 (1425)
安徽新安江干流滩涂湿地草本植物区系及物种多样性 杨文斌, 刘 坤, 周守标 (1433)
湿地芦苇根结合好气细菌群落时空分布及其与水质因子的关系 熊 薇, 郭逍宇, 赵 霖 (1443)
三种温带树种叶片呼吸的时间动态及其影响因子 王兆国, 王传宽 (1456)
不同土壤水分条件下杨树人工林水分利用效率对环境因子的响应 周 洁, 张志强, 孙 阁, 等 (1465)
不同生态区域沙地建群种油蒿的钙组分特征 薛苹苹, 高玉葆, 何兴东 (1475)
藏北高寒草甸植物群落对土壤线虫群落功能结构的影响 薛会英, 胡 锋, 罗大庆 (1482)
铜尾矿废弃地土壤动物多样性特征 朱永恒, 沈 非, 余 健, 等 (1495)
环丙沙星对土壤微生物量碳和土壤微生物群落碳代谢多样性的影响 马 驿, 彭金菊, 王 芸, 等 (1506)
基于生态水位约束的下辽河平原地下水生态需水量估算 孙才志, 高 翳, 朱正如 (1513)

景观、区域和全球生态

- 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案 苏泳娴, 张虹鸥, 陈修治, 等 (1524)
不同护坡草本植物的根系特征及对土壤渗透性的影响 李建兴, 何丙辉, 谌 芸 (1535)
京沪穗三地近十年夜间热力景观格局演变对比研究 孟 丹, 王明玉, 李小娟, 等 (1545)
窟野河流域河川基流量变化趋势及其驱动因素 雷泳南, 张晓萍, 张建军, 等 (1559)
模拟氮沉降条件下木荷幼苗光合特性、生物量与 C、N、P 分配格局 李明月, 王 健, 王振兴, 等 (1569)
铁炉渣施加对稻田甲烷产生、氧化与排放的影响 王维奇, 李鹏飞, 曾从盛, 等 (1578)

资源与产业生态

- 食用黑粉菌侵染对茭白植株抗氧化系统和叶绿素荧光的影响 闫 宁, 王晓清, 王志丹, 等 (1584)

- 佛手低温胁迫相关基因的差异表达 陈文荣,叶杰君,李永强,等 (1594)
美洲棘薺马对不同蔬菜寄主的偏好性 朱亮,石宝才,官亚军,等 (1607)
茉莉酸对棉花单宁含量和抗虫相关酶活性的诱导效应 杨世勇,王蒙蒙,谢建春 (1615)
造纸废水灌溉对毛白杨苗木生长及养分状况的影响 王烨,席本野,崔向东,等 (1626)
基于数据包络分析的江苏省水资源利用效率 赵晨,王远,谷学明,等 (1636)

研究简报

- 太岳山不同郁闭度油松人工林降水分配特征 周彬,韩海荣,康峰峰,等 (1645)
基于 TM 卫星影像数据的北京市植被变化及其原因分析 贾宝全 (1654)
薇甘菊萎焉病毒感染对薇甘菊光合特性和 4 种酶活性的影响 王瑞龙,潘婉文,杨娇瑜,等 (1667)
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 * 338 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 34 * 2013-03



封面图说:美丽的油松松枝——油松又称红皮松、短叶松。树高可达 30m,胸径达 1m。其树皮下部灰褐色,裂成不规则鳞块;针叶 2 针一束,暗绿色,较粗硬;球果卵形或卵圆形,长 4—7cm,有短柄,与枝几乎成直角。油松适应性强,根系发达,树姿雄伟,枝叶繁茂,有良好的保持水土和美化环境的功能,是中国北方广大地区最主要的造林树种之一,在华北地区无论是山区或平原到处可见,人工林很多,一般情况下在山区生长最好。在山区生长的油松,多在阴坡、半阴坡,土壤湿润和较肥沃的地方。

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/stxb201207100967

杨桦, 杨伟, 杨春平, 王熊莉, 黄琼, 朱天辉, 韩珊. 三种杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的影响. 生态学报, 2013, 33(5): 1405-1412.

Yang H, Yang W, Yang C P, Wang X L, Huang Q, Zhu T H, Han S. Sublethal effects of three insecticides on the reproduction and host searching behaviors of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethyidae). Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(5): 1405-1412.

三种杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的影响

杨 桦¹, 杨 伟^{1,*}, 杨春平¹, 王熊莉², 黄 琼¹, 朱天辉¹, 韩 珊¹

(1. 四川农业大学森林保护重点实验室, 雅安 625014; 2. 温江区政法委, 成都 611130)

摘要:在实验室条件下通过药膜法研究了3种杀虫剂对川硬皮肿腿蜂 *Sclerodermus sichuanensis* Xiao 成蜂的毒力和对繁殖的亚致死效应, 并采用 EthoVision3.1 行为仪分析了杀虫剂对其搜寻行为的影响。结果表明, 川硬皮肿腿蜂对啶虫脒最敏感, 致死中浓度 LC₅₀ 和亚致死浓度 LC₁₀ 分别为 7.71 和 4.46 mg/L, 其次为吡虫啉(11.22 和 6.68 mg/L)和功夫菊酯(27.72 和 9.36 mg/L)。经啶虫脒、吡虫啉和功夫菊酯亚致死浓度(LC₁₀)处理的肿腿蜂, 亲代、F₁ 和 F₂ 代的寄生成功率均受到抑制; 经功夫菊酯处理的肿腿蜂, 亲代单蜂产卵量显著增加($P < 0.05$); 经啶虫脒和吡虫啉肿腿蜂, 亲代的出蜂率没有显著影响($P > 0.05$), 但对 F₁ 代影响显著($P < 0.05$)。经啶虫脒和吡虫啉亚致死浓度(LC₁₀)处理的肿腿蜂搜寻行为变弱。结果表明, 功夫菊酯对川硬皮肿腿蜂较安全; 啶虫脒和吡虫啉对川硬皮肿腿蜂的繁殖和搜寻行为影响较大。研究结果对评估3种药剂对川硬皮肿腿蜂的安全性, 为指导合理用药, 协调化学防治和生物防治提供科学依据。

关键词:川硬皮肿腿蜂; 杀虫剂; 亚致死效应; 繁殖; 搜寻行为

Sublethal effects of three insecticides on the reproduction and host searching behaviors of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethyidae)

YANG Hua¹, YANG Wei^{1,*}, YANG Chunping¹, WANG Xiongli², HUANG Qiong¹, ZHU Tianhui¹, HAN Shan¹

1 Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering of Sichuan Province, College of Forestry, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

2 Commission of Politics and Law of Wenjiang District, Chengdu, Sichuan 611130, China

Abstract: The toxicity of three kinds of insecticides on the adults of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao and the sublethal effects of insecticides on their reproduction were studied under laboratory conditions, and video tracking capture system (EthoVision 3.1) was employed to study the search behavior of *S. sichuanensis* adults. The results showed that *Sclerodermus sichuanensis* Xiao is the most susceptible one to acetamiprid. Lethal concentration of LC₅₀ and sublethal concentration (LC₁₀) values were 7.71 mg/L and 4.46 mg/L respectively, and it is susceptible to imidacloprid (11.22 and 6.68 mg/L) and cyhalothrin (27.72 and 9.36 mg/L) in the second place. After treated by sublethal concentration of LC₁₀ with acetamiprid, imidacloprid and cyhalothrin, the rate of successful parasitism for parental generation, F₁ and F₂ generation of *S. sichuanensis* was restrained. After treated with cyhalothrin, the amount of single fecundity of the parental was increased ($P < 0.05$). After treated with acetamiprid and imidacloprid, there was no significant effect on the rate of reproduction of the parental ($P > 0.05$), but the F₁ generation was greatly affected ($P < 0.05$). After treated by

基金项目:四川省教育厅重点实验室专项(2006ZD011);四川农业大学“211工程”双支计划资助项目(00370101);四川农业大学长江上游生态林业工程建设资助项目

收稿日期:2012-07-10; 修订日期:2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ywei0218@yahoo.com.cn

sublethal concentration of LC₁₀ with acetamiprid, imidacloprid, the search behavior of *S. sichuanensis* were decreased. The results suggest that cyhalothrin is safe to *S. sichuanensis*. Acetamiprid and imidacloprid have a big effect on the reproduction and search behavior of *S. sichuanensis*. The results of this study can provide a scientific basis for safety evaluation of three kinds of insecticides on *S. sichuanensis*, rational use of insecticides and the coordination between chemical and biological prevention and control.

Key Words: *Sclerodermus sichuanensis* Xiao; insecticide; sublethal effect; reproduction; search behavior

川硬皮肿腿蜂 *Sclerodermus sichuanensis* Xiao 隶属于膜翅目(Hymenoptera)肿腿蜂科(Bethylidae),是粗鞘双条杉天牛 *Semanotus sinoauster* 幼虫和蛹的一种外寄生蜂^[1]。该蜂发育周期短、繁殖能力强、寿命长、产卵量较高,是防治杉棕天牛 *Callidium villosulum*、花椒虎天牛 *Clytus validus*、松墨天牛 *Monochamus alternatus*、云斑天牛 *Batocera lineolata* 等钻蛀性害虫较理想的天敌昆虫,在农林生物防治中有重要利用价值^[2-4]。

化学杀虫剂在短时期内还不可能完全摒弃,如何协调化学防治和生物防治二者间的矛盾,使之在害虫控制中发挥各自的优势,成为了综合防治成功的关键^[5]。因为在生态系统中施用杀虫剂,在防治害虫的同时,不可避免也会影响到害虫天敌,引起害虫天敌在繁殖能力、搜寻行为、子代生长发育等方面的变化。王德森等^[6]测定了11种不同类型的杀虫剂对卷蛾分索赤眼蜂 *Trichogrammatoidea bactrae* 成蜂的毒性,发现丁醚脲对成蜂寄生能力影响极大。王华玲等^[7]研究发现多杀菌素亚致死浓度能影响阿里山潜蝇茧蜂 *Fopius arisanus* 的生物防治效果。王小艺等^[5]证明了亚致死浓度的杀虫剂对天敌异色瓢虫 *Harmonia axyridis* 的捕食作用存在不良影响。

本试验采用饲养观察和视频捕捉相结合的方法对啶虫脒、吡虫啉和高效氯氟氰菊酯3种常用杀虫剂亚致死浓度处理的川硬皮肿腿蜂进行了研究,比较了雌蜂寄生成功率、单雌产卵量、出蜂率以及搜寻寄主能力的变化,目的是对这3种杀虫剂进行系统评价,为指导合理用药,协调化学防治和生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

供试肿腿蜂为四川农业大学森林保护省级重点实验室用黄粉虫蛹繁殖的川硬皮肿腿蜂雌成蜂,于肿腿蜂即将羽化时,挑选蜂量中等、蜂茧干净无污染的繁蜂管置于人工气候箱(温度(25±1)℃,相对湿度60%—70%,光周期14L:10D)中培养供试。

1.2 供试药剂

2.5% 吡虫啉(Imidacloprid) WP(青岛东生药业有限公司),3% 啶虫脒(Acetamiprid) EC(青岛丰邦农化有限公司),2.5% 功夫菊酯(Cyhalothrin) EC(山东新势力生物科技有限公司)。

1.3 毒力及亚致死浓度的确定

参照王德森等^[8]报道的药膜法。每种供试药剂均用丙酮(化学纯,成都市科龙化工试剂厂)溶液稀释成5个浓度,以丙酮溶液为对照,每个浓度重复5次。每处理吸药液1 mL于2.5 cm×7.5 cm的指形管中,对照组吸等量丙酮溶液,然后迅速转动指形管,使药液均匀地涂于管内壁,立即将多余的药液倒出,指形管倒立,在室内自然风干后即成药膜管。每支药膜管接入羽化后6 h内的肿腿蜂成蜂30头,脱脂棉塞口,放入人工气候箱中(温度(25±1)℃,相对湿度60%—70%,光周期14L:10D)。处理24 h后统计各管成蜂死亡数,计算死亡率。

1.4 杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂繁殖的影响

采用上述药膜法将3种杀虫剂LC₁₀浓度分别处理过的川硬皮肿腿蜂与替代寄主黄粉虫 *Tenebrio molitor* 蛹按蜂蛹比1:1接入(亲代),放入人工气候箱中(温度(25±1)℃,相对湿度60%—70%,光周期14L:10D)。当子代蜂羽化后,统计各处理组寄生成功率、单蜂产卵量、出蜂率。用子代继续接蜂,观察杀虫剂亚致死浓度

对其子代的影响,连续观察3代(F_1 — F_3)。每种杀虫剂接蜂30管,设3次重复,以丙酮溶液为对照。

1.5 杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂搜寻行为分析

1.5.1 味源的制备

将10头黄粉虫蛹放入50 mL正己烷(分析纯,成都市科龙化工试剂厂)溶液中,24 h后滤去黄粉虫蛹及杂质,用N₂吹送溶液浓缩至5 mL。

1.5.2 试验区域设置

选取直径为8 cm的培养皿作为一个试验区域,并在试验区域内划分虫粪木屑混合物味源区和肿腿蜂投放区,如图1所示。

1.5.3 川硬皮肿腿蜂搜寻行为分析

试验设3种杀虫剂LC₁₀浓度处理的蜂和以80%丙酮水溶液处理的对照蜂4个处理,将川硬皮肿腿蜂放入投放区,使用EthoVision3.1行为仪分析处理,记录肿腿蜂的活动情况,包括移动速度变化、搜索路线、搜索时间、活跃程度。试验重复3次,每个处理共测试30头虫,每只虫记录3 min。

1.6 数据统计与分析

所有试验数据采用SPSS11.5软件进行统计分析。杀虫剂亚致死浓度对川硬皮肿腿蜂的毒力测定采用EXCEL软件^[9]。川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为各处理间的差异采用Duncan's多重分析法比较。杀虫剂LC₁₀浓度处理川硬皮肿腿蜂各处理组寄生成功率、单雌产卵量、出蜂率,计算公式如下:

$$\text{寄生成功率}(\%) = \frac{\text{出蜂管数}}{\text{被寄生管数}} \times 100\%$$

$$\text{产雌产卵量} = \frac{\text{各处理组产卵总量}}{\text{被寄生管数}} \times 100$$

$$\text{出蜂率}(\%) = \frac{\text{各处理组总出蜂量}}{\text{总产卵量}} \times 100\%$$

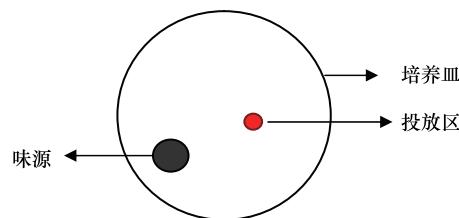


图1 试验区域设置

Fig. 1 The setting of test area

2 结果与分析

2.1 杀虫剂对川硬皮肿腿蜂成蜂的亚致死浓度

分别用3种杀虫剂处理川硬皮肿腿蜂成蜂24 h,各杀虫剂对川硬皮肿腿蜂成蜂的毒力测定结果见表1。各杀虫剂的毒力由高到低的顺序依次为:啶虫脒(LC₅₀为7.7133 mg/L)、吡虫啉(LC₅₀为11.2168 mg/L)、功夫菊酯(LC₅₀为27.7245 mg/L)。

3种杀虫剂对川硬皮肿腿蜂成蜂的亚致死浓度分别为:啶虫脒的LC₁₀为4.4627 mg/L,吡虫啉的LC₁₀为6.6841 mg/L,功夫菊酯的LC₁₀为9.3691 mg/L。

表1 不同杀虫剂对川硬皮肿腿蜂成蜂的毒力测定结果

Table 1 Toxicity of different insecticides on adults of *S. sichuanensis*

药剂 Insecticides	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 r Correlation coefficient	LC ₁₀ (95%置信区间) LC ₁₀ (95% FL)/(mg/L)	LC ₅₀ (95%置信区间) LC ₅₀ (95% FL)/(mg/L)
啶虫脒 Acetamiprid	$Y = 0.2153 + 5.3928X$	0.9493	4.4627 (3.7584—5.2991)	7.7133 (6.9315—8.5834)
吡虫啉 Imidacloprid	$Y = -0.9845 + 5.7002X$	0.9531	6.6841 (5.7088—7.8260)	11.2168 (9.9272—12.6739)
功夫菊酯 Cyhalothrin	$Y = 1.0793 + 2.7173X$	0.9761	9.3591 (12.8183—6.8334)	27.7245 (18.9553—40.5505)

2.2 杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 对川硬皮肿腿蜂繁殖的影响

2.2.1 寄生成功率

不同杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 对川硬皮肿腿蜂寄生成功率的影响见表2。横向比较结果表明,经啶虫脒、吡虫啉和功夫菊酯亚致死浓度(LC_{10})处理的川硬皮肿腿蜂各代(亲代, F_1 — F_3 代)之间寄生成功率差异均显著($P < 0.05$)。通过繁殖代数的增加,寄生成功率也明显增加,其中 F_3 代的寄生成功率最高,亲代的寄生成功率最低。对照组各代之间没有显著差异($P > 0.05$)。纵向比较结果表明,4种处理间在 F_3 代寄生成功率没有显著性差异($P > 0.05$),其余各代均显著低于对照($P < 0.05$)。经啶虫脒亚致死浓度(LC_{10})处理的各代寄生成功率最低,其次是吡虫啉和功夫菊酯,对照组最高。

表2 杀虫剂亚致死浓度处理后川硬皮肿腿蜂的寄生成功率

Table 2 The rate of successful parasitism of *S. sichuanensis* treated by sublethal doses (LC_{10}) of insecticides

药剂 Insecticides	亲代 Parental	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
啶虫脒 Acetamiprid	52.1±1.2Cd	66.2±1.0Dc	74.5±2.3Cb	88.0±1.0Aa
吡虫啉 Imidacloprid	57.0±0.7Cc	73.0±0.9Cb	80.7±1.0BCb	90.4±0.7Aa
功夫菊酯 Cyhalothrin	69.1±0.7Bc	77.6±1.2Bb	83.2±1.1ABab	84.0±0.7Ba
对照 CK	87.5±3.3Aa	88.8±0.7Aa	89.0±0.6Aa	90.0±0.2Aa

表中数字旁标注的大写字母表示纵向比较(Duncan's 比较),小写字母表示横向比较(Duncan's 比较);相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异极显著($P < 0.05$)

2.2.2 单雌产卵量

不同杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 对川硬皮肿腿蜂单雌产卵量的影响见表3。横向比较结果表明,经啶虫脒处理的肿腿蜂在 F_2 代单雌产卵量最高(44.3粒), F_1 最低(36粒)($P < 0.05$);经功夫菊酯处理的肿腿蜂在亲代单雌产卵量显著高于其余3代($P < 0.05$);经吡虫啉和对照处理的肿腿蜂各代间单雌产卵量没有显著性差异($P > 0.05$)。纵向比较结果表明,经功夫菊酯处理的亲代肿腿蜂单雌产卵量显著高于其余3种处理($P < 0.05$);经啶虫脒处理的 F_2 代肿腿蜂单雌产卵量最高(44.3粒),经吡虫啉处理的最低(38.3粒);在 F_1 代和 F_3 代均是经对照处理的肿腿蜂单雌产卵量最高。

表3 杀虫剂亚致死浓度处理后川硬皮肿腿蜂的单峰产卵量

Table 3 The amount of single fecundity of *S. sichuanensis* treated by sublethal doses (LC_{10}) of insecticides

药剂 Insecticides	亲代 Parental	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
啶虫脒 Acetamiprid	39.3±0.9Cab	36±0.9Cb	44.3±0.7Aa	38.7±0.9Bab
吡虫啉 Imidacloprid	39.0±0.6Ca	38.7±1.2ABA	38.3±0.9Ba	37.7±0.9Ba
功夫菊酯 Cyhalothrin	47.0±0.6Aa	37.7±1.5BCc	40.7±0.3ABb	43.3±1.2Ab
对照 CK	43.3±0.9Ba	40.9±1.2Aa	41.0±1.5ABA	43.7±0.9Aa

2.2.3 出蜂率

不同杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 对川硬皮肿腿蜂出蜂率的影响见表4。横向比较结果表明,经啶虫脒、吡虫

表4 杀虫剂亚致死浓度处理后川硬皮肿腿蜂的出蜂率

Table 4 The rate of reproduction of *S. sichuanensis* treated by sublethal doses (LC_{10}) of insecticides

药剂 Insecticides	亲代 Parental	F_1 代 F_1 generation	F_2 代 F_2 generation	F_3 代 F_3 generation
啶虫脒 Acetamiprid	47.6±0.3Aa	31.1±1.1Bc	45.6±0.9Aa	39.8±0.5Ab
吡虫啉 Imidacloprid	45.6±1.5Aa	34.8±0.9Bb	45.7±0.8Aa	37.4±0.5Ab
功夫菊酯 Cyhalothrin	49.3±1.5Aa	47.3±1.3Aab	48.1±0.5Aa	41.9±2.6Ab
对照 CK	48.5±1.0Aa	48.4±0.6Aa	47.6±0.6Aa	42.9±0.3Ab

啉和功夫菊酯处理的肿腿蜂在亲代和 F_2 代的出蜂率最高,显著高于其余2代($P < 0.05$)。纵向比较结果表明,4种不同处理的肿腿蜂在亲代、 F_2 代和 F_3 代均没有显著性差异($P > 0.05$);在 F_1 代,经对照处理的肿腿蜂出蜂率最高(48.4%),其次是功夫菊酯(47.3%)和吡虫啉(34.8%),经啶虫脒处理的肿腿蜂出蜂率最低(31.1%)。

2.3 杀虫剂亚致死浓度 LC_{10} 对川硬皮肿腿蜂搜寻行为的影响

2.3.1 不同处理的川硬皮肿腿蜂对替代寄主浸提物的搜寻行为

经啶虫脒、吡虫啉、功夫菊酯和对照处理的川硬皮肿腿蜂成蜂对黄粉虫蛹浸提物的搜寻轨迹图见图2。从图可以看出,经对照处理的川硬皮肿腿蜂活动轨迹在嗅源区域的密度远远高于实验采集区其他区域的密度。而经啶虫脒、吡虫啉和功夫菊酯处理的川硬皮肿腿蜂活动轨迹在嗅源区域的密度与试验采集区其他区域的密度相当。

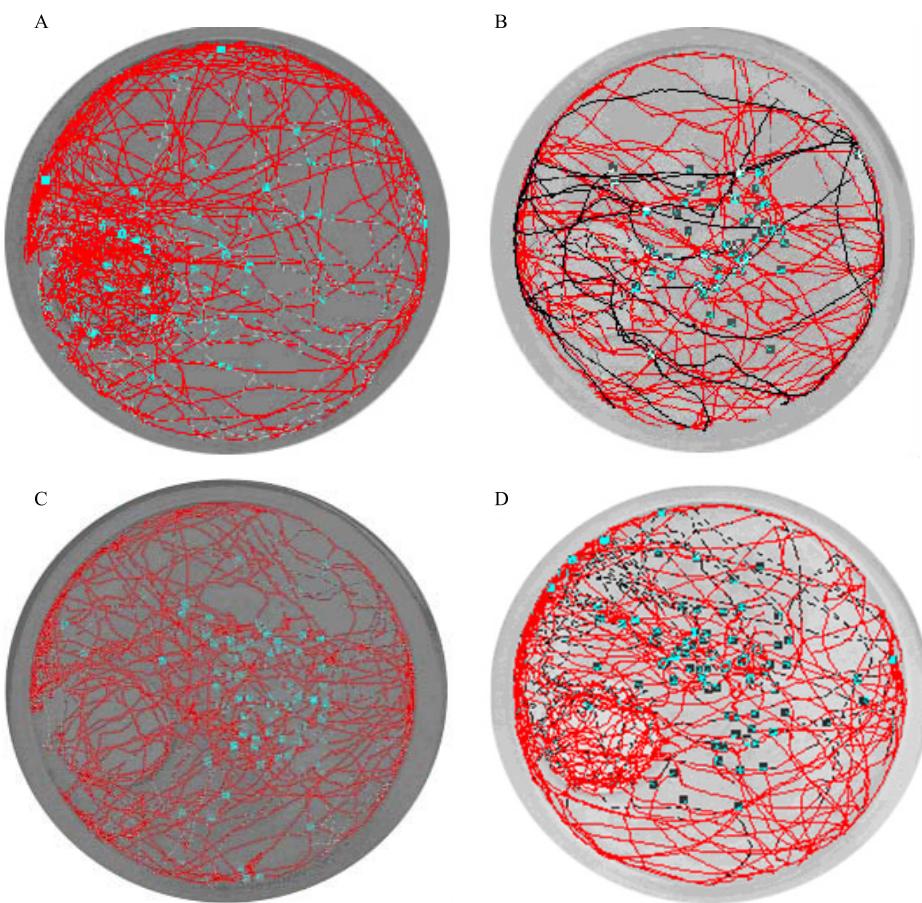


图2 不同处理的川硬皮肿腿蜂成蜂活动轨迹图

Fig. 2 The different treatments of trajectory of *S. sichuanensis* adults

A:对照 CK; B:啶虫脒 Acetamiprid; C:吡虫啉 Imidacloprid; D:功夫菊酯 Cyhalothrin; 图中轨迹为所有重复的迭加

2.3.2 不同处理的川硬皮肿腿蜂对替代寄主浸提物的搜寻行为分析

通过EthoVision3.1行为仪分析,4种不同处理的川硬皮肿腿蜂在图像采集区的行为指标比较(表5)。在滞留时间和静止时间上,经吡虫啉亚致死浓度(LC_{10})处理的肿腿蜂明显长于其余3种处理($P < 0.05$);在移动距离上,经啶虫脒处理的肿腿蜂移动距离最长(13.44 cm),其次是对照(11.10 cm)和功夫菊酯(9.69 cm),吡虫啉最短(9.00 cm);在移动时间和反应时间上,对照处理的肿腿蜂明显长于其余3种处理($P < 0.05$)。在移动速度上,经吡虫啉处理的肿腿蜂显著低于其余3种处理($P < 0.05$)。

表5 不同处理川硬皮肿腿蜂成蜂在试验区域内行为指标比较

Table 5 Comparison of different treatments of indexes to *S. sichuanensis* adults on the test area

药剂 Insecticides	滞留时间/s Residence time	移动距离/cm Moving distance	移动速度/(cm/s) Moving speed	静止时间/s Still time	移动时间/s Moving time	反应时间/s Reaction time
啶虫脒 Acetamiprid	117.38±6.62b	13.44±0.90a	0.13±0.03b	76.33±11.54b	15.76±0.67c	0.74±0.04c
吡虫啉 Imidacloprid	134.77±2.98a	9.00±0.59b	0.09±0.01c	94.49±3.86a	18.22±0.39b	0.35±0.03d
功夫菊酯 Cyhalothrin	103.39±9.84bc	9.69±0.48ab	0.16±0.02a	62.74±4.28c	15.29±0.80c	0.91±0.05b
对照 CK	99.84±7.54c	11.10±0.71ab	0.18±0.02a	46.36±1.95d	25.39±1.01a	1.07±0.08a

表中数字旁标注的小写字母表示纵向比较(Duncan's 比较);相同字母表示差异不显著,不同字母表示差异极显著($P<0.05$)

4种不同处理的川硬皮肿腿蜂在味源区的行为指标比较中可以看出(表6),对照处理的肿腿蜂进入味源区共51次,功夫菊酯处理的有25次,啶虫脒处理的有15次,而经吡虫啉处理的只有11次;在滞留时间上,对照处理的肿腿蜂停留时间最长($P < 0.05$);在移动距离和静止时间上,经啶虫脒处理的肿腿蜂显著少于其余3种处理($P < 0.05$);而在移动速度上,4种处理的川硬皮肿腿蜂没有显著差异($P>0.05$)。

表6 不同处理川硬皮肿腿蜂成虫在味源区域行为指标比较

Table 6 Comparison of different treatments of indexes to *S. sichuanensis* adults on the odor source area

药剂 Insecticides	进入区域次数 Number of enter area	滞留时间/s Residence time	移动距离/cm Moving distance	移动速度/(cm/s) Moving speed	静止时间/s Still time
啶虫脒 Acetamiprid	15	7.71±0.30d	2.36±0.43c	0.29±0.04a	4.49±0.48d
吡虫啉 Imidacloprid	11	21.11±0.72c	3.21±0.60b	0.22±0.04a	10.31±0.33c
功夫菊酯 Cyhalothrin	25	39.53±0.46b	5.12±0.26a	0.24±0.04a	17.62±0.44a
对照 CK	51	42.68±0.34a	5.14±0.30a	0.23±0.02a	16.75±0.38b

3 讨论

亚致死浓度是一个浓度区间,不同的研究对象和研究目的其取值不同,而不同药剂因作用机制、环境条件差异对川硬皮肿腿蜂的繁殖和搜寻行为的影响也不同^[10]。毒力测定结果表明,啶虫脒和吡虫啉对川硬皮肿腿蜂成蜂的毒力作用大于功夫菊酯对川硬皮肿腿蜂的毒理作用。因为啶虫脒和吡虫啉属于新烟碱类杀虫剂,主要作用于昆虫的中枢神经系统,是一种内吸性极强的杀虫剂;而功夫菊酯属于拟除虫菊酯类杀虫剂,主要作用于昆虫神经系统的钠离子通道,但无内吸作用。毒力作用的差异是由这两大类杀虫剂自身特性的不同所造成。

杀虫剂的品种、使用浓度等的不同,对昆虫的影响也有所不同。Liu 等^[11]研究发现用吡丙醚处理丽蚜小蜂 *Encarsia formosa* 成蜂对每雌所产后代有显著影响,用 1 mg/L 的药剂处理后,平均每雌所产的后代数下降了 42.3%,且后代羽化率也下降了 27.6%。刘孝纯等^[12]研究发现亚致死浓度的杀虫脒和毒死蜱能抑制朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 的生殖,而溴氰菊酯却能刺激朱砂叶螨增殖。亚致死浓度的吡虫啉能刺激三化螟 *Tryporyza incertulas* 增殖^[13],但对桃蚜 *Myzus persicae*、甘蓝蚜 *Brevicoryne brassicae* 种群增长具有抑制作用^[14],而对韭菜迟眼蕈蚊 *Bradysia odoriphaga* 的发育和繁殖无明显影响^[15]。本试验发现,川硬皮肿腿蜂经啶虫脒、吡虫啉和功夫菊酯亚致死浓度(LC_{10})处理后,其亲代、 F_1 和 F_2 代的寄生成功率均受到抑制;经功夫菊酯处理的肿腿蜂,亲代单雌产卵量显著增加;经啶虫脒和吡虫啉亚致死浓度(LC_{10})处理的川硬皮肿腿蜂,亲代的出蜂率没有显著影响,但对 F_1 代影响显著,这可能是由于这类杀虫剂影响了肿腿蜂前期发育,造成 F_1 代成蜂畸形或者不健全,从而影响出蜂率,但是这种影响仅限于 F_1 代,随着繁育代数增加,这种影响不显著。

EthoVision3.1 是一个自动探测、记录和分析单个或两个动物运动及行为的集成系统。目前,国际上多用此系统研究老鼠的行为变化^[16-18]。利用此系统也成功进行了较多种昆虫的行为的研究,如 Jones 等^[19]对大谷蠹 *Prostephanus truncatus* 及其天敌行为的研究。杨桦等^[4]利用 EthoVision3.1 系统对有无学习经历的川硬皮肿腿蜂对云斑天牛幼虫搜寻行为进行了研究。杨桦等^[20]利用 EthoVision3.1 系统分析了云斑天牛两性相

遇行为。本试验发现,经啶虫脒和吡虫啉处理的肿腿蜂在味源区域行为指标中进入区域次数减少、滞留时间和静止时间短,说明其搜寻行为变弱,从而影响其寄生行为的完成;而经功夫菊酯处理的肿腿蜂对寄主味源的搜寻轨迹影响较小。

本研究仅在室内测定了3种药剂对川硬皮肿腿蜂繁殖和搜寻行为的亚致死效应。由于川硬皮肿腿蜂在林间接触药剂的量及方式与室内存在差异,寄主不同,环境条件也不同,因此,从理论上将还应该进行相关的田间试验,以便更准确地评价杀虫剂对川硬皮肿腿蜂的影响,从而为天牛类钻蛀性害虫防治过程中杀虫剂的合理施用提供科学依据。

References:

- [1] Xiao G R. Tow new species of the genus *Scleroderma* from China (Hymenoptera: Bethylidae). *Forest Research*, 1995, 8 (Mem.) : 1-5.
- [2] Yang D M, Zhen C H, Yang P, Zhou Z J, Yang W. Prospect of using *Scleroderma sichuanensis* Xiao to control boring insects in three gorge reservoir's area of the Yangtze river. *Chinese Journal of Biological Control*, 1999, 15 (3) : 140-141.
- [3] Zhang X, Zhou Z J. Controlling *Monochamus alternatus* by domestication of *Scleroderma sichuanensis*. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*, 2007, 28 (4) : 16-20.
- [4] Yang H, Yang W, Yang C P, Yang M F, Zhu T H, Huang Q, Pan W Q. Influence of learning experience of parasitoid *Scleroderma sichuanensis* on the parasitism of *Batocera horsfieldi* larvae. *Scientia Silvae Sinicae*, 2011, 47 (8) : 95-101.
- [5] Wang X Y, Shen Z R. Effects of sublethal doses of insecticides on predation of multicolored asian ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (12) : 2278-2284.
- [6] Wang D S, Pan F, He Y R, Guo X L, Chen Q. Sublethal effects of eleven insecticides of different categories on reproduction of *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Acta Entomologica Sinica*, 2011, 54 (1) : 56-63.
- [7] Wang H L, Chen J H, Ji Q E, Yang J Q, Wang B. Sublethal effects of spinosad on the parasitoid *Fopius arisanus* (Soman). *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2011, 32 (3) : 490-494.
- [8] Wang D S, Lv L H, He Y R, Qin S S, Pan F. Effect of conventional insecticides on *Trichogrammatoidea bactrae*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2010, 47 (2) : 379-383.
- [9] Liu X, Lu Y G, Yan D P. Application of EXCEL in calculating of toxicity for pesticide bioassay. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2009, 25 (19) : 206-208.
- [10] Wang X Y. Sublethal effects of insecticides on insects. *World Pesticides*, 2004, 26 (3) : 24-27.
- [11] Liu T X, Stansly P A. Effects of pyriproxyfen on three species of Encaris (Hymenoptera: Aphelinidae), endoparasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of economic entomology*, 1997, 90 (2) : 404-411.
- [12] Liu X C, Li Q S, Liu Q X. The effects of insecticides on dispersal behavior and fecundity of carmine spider mite. *Acta Phytophylacica Sinica*, 1998, 25 (2) : 156-160.
- [13] Wang A H, Wu J C, Yu Y S, Liu J L, Yue J F, Wang M Y. Selective insecticide-induced stimulation on fecundity and biochemical changes in *Tryporyza incertulas* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Economic Entomology*, 2005, 98 (4) : 1144-1149.
- [14] Lashkari M R, Sahragard A, Ghadamyari M. Sublethal effects of imidacloprid and pymetrozine on population growth parameters of cabbage aphid, *Brevicoryne brassicae* on rapeseed, *Brassica napus* L.. *Insect Science*, 2007, 14 (3) : 207-212.
- [15] Mu W, Liu F, Jia Z M, Zhao D, Mu L Y. Sublethal effects of eight insecticides on development and reproduction of *Bradysia odoriphaga*. *Acta Entomologica Sinica*, 2005, 48 (1) : 147-150.
- [16] Lochelm P V, Buma M, Rousseau J, Noldus L. Automatic recognition of behavioral patterns of rats using video imaging and statistical classification. *Behavioural Pharmacology*, 1998, 9 (1) : 20-21.
- [17] Heeren D J, Cools R. Classifying postures of freely moving rodents with the help of fourier descriptors and neural network. *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 2000, 32 (1) : 56-62.
- [18] Campbell S R C. Segmentation and behavioral classification of mice using digital video. *International Workshop on Methods and Techniques in Behavioral Research*, 2002, 27-30 August, Amsterdam.
- [19] Jones A S, Hodges R J, Farman D I, Hall D. Solvent extraction of cues in the dust and frass of *Prostephanus truncatus* and analysis of behavioural mechanisms leading to arrestment of the predator *Teretrius nigrescens*. *Physiological Entomology*, 2006, 31 : 63 -72.

- [20] Yang H, Yang W, Yang C P, Yang M F, Wang B X, Zhu T H, Huang Q. Behavioral responses of encountering adults of the white-striped longhorn beetle, *Batocera lineolata* (Coleoptera: Cerambycidae), in the laboratory conditions. *Acta Entomologica Sinica*, 2012, 55 (1): 70-76.

参考文献:

- [1] 肖刚柔. 天牛的两种新寄生天敌-川硬皮肿腿蜂及海南硬皮肿腿蜂(膜翅目: 肿腿蜂科). 林业科学, 1995, 8 (专刊): 1-5.
- [2] 杨德敏, 曾垂惠, 杨萍, 周祖基, 杨伟. 三峡库区利用川硬皮肿腿蜂防治天牛类害虫. 中国生物防治, 1999, 15 (3): 140-141.
- [3] 张犀, 周祖基. 驯化川硬皮肿腿蜂生物防治松褐天牛. 四川林业科技, 2007, 28 (4): 16-20.
- [4] 杨桦, 杨伟, 杨春平, 杨茂发, 朱天辉, 黄琼, 潘武全. 学习经历对川硬皮肿腿蜂寄生云斑天牛幼虫的影响. 林业科学, 47 (8): 95-101.
- [5] 王小艺, 沈佐锐. 亚致死剂量杀虫剂对异色瓢虫捕食作用的影响. 生态学报, 2002, 22 (12): 2278-2284.
- [6] 王德森, 潘飞, 何余容, 郭祥令, 陈俏. 11种不同类型杀虫剂对卷蛾分索赤眼蜂繁殖的亚致死效应. 昆虫学报, 2011, 54 (1): 56-63.
- [7] 王华玲, 陈家骅, 季清娥, 杨建全, 王波. 多杀菌素对阿里山潜蝇茧蜂的亚致死效应. 热带作物学报, 2011, 32 (3): 490-494.
- [8] 王德森, 吕利华, 何余容, 覃松生, 潘飞. 常用杀虫剂对小菜蛾天敌卷蛾分索赤眼蜂的影响. 昆虫知识, 2010, 47 (2): 379-383.
- [9] 刘霞, 路永贵, 闫当萍. EXCEL在农药毒力测定中的应用. 中国农学通报, 2009, 25 (19): 206-208.
- [10] 王小艺. 杀虫剂对昆虫的亚致死效应. 世界农药, 2004, 26 (3): 24-27.
- [12] 刘孝纯, 李巧丝, 刘芹轩. 杀虫剂对朱砂叶螨扩散行为及繁殖力的影响. 植物保护学报, 1998, 25 (2): 156-160.
- [15] 慕卫, 刘峰, 贾忠明, 赵德, 慕立义. 八种杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊发育和繁殖的亚致死效应. 昆虫学报, 2005, 48 (1): 147-150.
- [20] 杨桦, 杨伟, 杨春平, 杨茂发, 王保新, 朱天辉, 黄琼. 室内条件下云斑天牛成虫相遇行为反应. 昆虫学报, 2012, 55 (1): 70-76.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 5 March, 2013 (Semimonthly)
CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The effect of nitrogen deposition on forest soil organic matter and litter decomposition and the microbial mechanism WANG Jingyuan, ZHANG Xinyu, WEN Xuefa, et al (1337)
Advances and the effects of industrial hemp for the cleanup of heavy metal pollution LIANG Shumin, XU Yanping, CHEN Yu, et al (1347)
A review for evaluating the effectiveness of BMPs to mitigate non-point source pollution from agriculture MENG Fande, GENG Runzhe, OU Yang, et al (1357)
Progresses in dendrochronology of shrubs LU Xiaoming, LIANG Eryuan (1367)

Autecology & Fundamentals

- The characteristics of nocturnal sap flow and stem water recharge pattern in growing season for a *Larix principis-rupprechtii* plantation WANG Yanbing, DE Yongjun, XIONG Wei, et al (1375)
Effects of soil drought stress on photosynthetic characteristics and antioxidant enzyme activities in *Hippophae rhamnoides* Linn. seedlings PEI Bin, ZHANG Guangcan, ZHANG Shuyong, et al (1386)
Diurnal activity time budget of Père David's deer in Hubei Shishou Milu National Nature Reserve, China YANG Daode, LI Zhuyun, LI Pengfei, et al (1397)
Sublethal effects of three insecticides on the reproduction and host searching behaviors of *Sclerodermus sichuanensis* Xiao (Hymenoptera: Bethyidae) YANG Hua, YANG Wei, YANG Chunping, et al (1405)

Population, Community and Ecosystem

- Seasonal succession of zooplankton in Sansha Bay, Fujian XU Jiayi, XU Zhaoli (1413)
Biomass production and litter decomposition of lakeshore plants in Napahai wetland, Northwestern Yunnan Plateau, China GUO Xuhu, XIAO Derong, TIAN Kun, et al (1425)
The flora and species diversity of herbaceous seed plants in wetlands along the Xin'anjiang River from Anhui YANG Wenbin, LIU Kun, ZHOU Shoubiao (1433)
Spatial-temporal variation of root-associated aerobic bacterial communities of *phragmites australis* and the linkage of water quality factors in constructed wetland XIONG Wei, GUO Xiaoyu, ZHAO Fei (1443)
Temporal dynamics and influencing factors of leaf respiration for three temperate tree species WANG Zhaoguo, WANG Chuankuan (1456)
Environmental controls on water use efficiency of a poplar plantation under different soil water conditions ZHOU Jie, ZHANG Zhiqiang, SUN Ge, et al (1465)
An analysis of calcium components of *Artemisia ordosica* plant on sandy lands in different ecological regions XUE Pingping, GAO Yubao, HE Xingdong (1475)
Effects of alpine meadow plant communities on soil nematode functional structure in Northern Tibet, China XUE Huiying, HU Feng, LUO Daqing (1482)
Soil fauna diversity of abandoned land in a copper mine tailing area ZHU Yongheng, SHEN Fei, YU Jian, et al (1495)
Effects of ciprofloxacin on microbial biomass carbon and carbon metabolism diversity of soil microbial communities MA Yi, PENG Jinju, WANG Yun, et al (1506)
Estimation of ecological water demands based on ecological water table limitations in the lower reaches of the Liaohe River Plain, China SUN Caizhi, GAO Ying, ZHU Zhengru (1513)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The ecological security patterns and construction land expansion simulation in Gaoming SU Yongxian, ZHANG Hong'ou, CHEN Xiuzhi, et al (1524)
Root features of typical herb plants for hillslope protection and their effects on soil infiltration LI Jianxing, HE Binghui, CHEN Yun (1535)

- The dynamic change of the thermal environment landscape patterns in Beijing, Shanghai and Guangzhou in the recent past decade ...
..... MENG Dan, WANG Mingyu, LI Xiaojuan, et al (1545)
- Change trends and driving factors of base flow in Kuye River Catchment
..... LEI Yongnan, ZHANG Xiaoping, ZHANG Jianjun, et al (1559)
- Photosynthetic characteristics, biomass allocation, C, N and P distribution of *Schima superba* seedlings in response to simulated
nitrogen deposition LI Mingyue, WANG Jian, WANG Zhenxing, et al (1569)
- Effect of iron slag adding on methane production, oxidation and emission in paddy fields
..... WANG Weiqi, LI Pengfei, ZENG Congsheng, et al (1578)
- Resource and Industrial Ecology**
- Antioxidative system and chlorophyll fluorescence of *Zizania latifolia* Turcz. plants are affected by *Ustilago esculenta* infection
..... YAN Ning, WANG Xiaoqing, WANG Zhidan, et al (1584)
- Analysis of cold-regulated gene expression of the Fingered Citron (*Citrus medica* L. var. *sarcodactylis* Swingle)
..... CHEN Wenrong, YE Jiejun, LI Yongqiang, et al (1594)
- Hosts preference of *Echinothrips americanus* Morgan for different vegetables ... ZHU Liang, SHI Baocai, GONG Yajun, et al (1607)
- Induction effects of jasmonic acid on tannin content and defense-related enzyme activities in conventional cotton plants
..... YANG Shiyong, WANG Mengmeng, XIE Jianchun (1615)
- Effects of irrigation with paper mill effluent on growth and nutrient status of *Populus tomentosa* seedlings
..... WANG Ye, XI Benye, CUI Xiangdong, et al (1626)
- Water use efficiency of Jiangsu Province based on the data envelopment analysis approach
..... ZHAO Chen, WANG Yuan, GU Xueming, et al (1636)
- Research Notes**
- Characteristics of precipitation distribution in *Pinus tabulaeformis* plantations under different canopy coverage in Taiyue Mountain
..... ZHOU Bin, HAN Hairong, KANG Fengfeng, et al (1645)
- Driving factor analysis on the vegetation changes derived from the Landsat TM images in Beijing JIA Baoqun (1654)
- Effects of *Mikania micrantha* wilt virus infection on photosynthesis and the activities of four enzymes in *Mikania micrantha* H. B. K.
..... WANG Rui long, PAN Wanwen, YANG Jiaoyu, et al (1667)

《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研工作者,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研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

(SHENTAI XUEBAO)

(半月刊 1981年3月创刊)

第33卷 第5期 (2013年3月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 5 (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
主 编	王如松
主 管	中国科学技术协会
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
出 版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717
印 刷	北京北林印刷厂
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
订 购	全国各地邮局
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
广 告 经 营	京海工商广字第8013号
许 可 证	

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
Editor-in-chief	WANG Rusong
Supervised by	China Association for Science and Technology
Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
Domestic	All Local Post Offices in China
Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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