

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 24 期 Vol.31 No.24 **2011**

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 31 卷 第 24 期

2011 年 12 月 (半月刊)

目 次

柑橘黄龙病株不同部位内生细菌群落结构的多样性·····	刘 波,郑雪芳,孙大光,等 (7325)
小兴安岭红松径向生长对未来气候变化的响应·····	尹 红,王 靖,刘洪滨,等 (7343)
污水地下渗透系统脱氮效果及动力学过程·····	李海波,李英华,孙铁珩,等 (7351)
基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划·····	肖 燧,陈圣宾,张 路,等 (7357)
羌塘地区草食性野生动物的生态服务价值评估——以藏羚羊为例·····	鲁春霞,刘 铭,冯 跃,等 (7370)
湖北省潜江市生态系统服务功能价值空间特征·····	许倍慎,周 勇,徐 理,等 (7379)
滇西北纳帕海湿地景观格局变化及其对土壤碳库的影响·····	李宁云,袁 华,田 昆,等 (7388)
基于连接性考虑的湿地生态系统保护多预案分析——以黄淮海地区为例·····	宋晓龙,李晓文,张明祥,等 (7397)
青藏高原高寒草甸生态系统碳增汇潜力·····	韩道瑞,曹广民,郭小伟,等 (7408)
影响黄土高原地物光谱反射率的非均匀因子及反照率参数化研究·····	张 杰,张 强 (7418)
基于 GIS 的下辽河平原地下水生态敏感性评价·····	孙才志,杨 磊,胡冬玲 (7428)
厦门市土地利用变化下的生态敏感性·····	黄 静,崔胜辉,李方一,等 (7441)
我国保护地生态旅游发展现状调查分析·····	钟林生,王 婧 (7450)
黄腹山鹧鸪稳定的配偶关系限制雄性欺骗者·····	褚福印,唐思贤,潘虎君,等 (7458)
食物蛋白含量和限食对雌性东方田鼠生理特性的影响·····	朱俊霞,王 勇,张美文,等 (7464)
具有捕食正效应的捕食-食饵系统·····	祁 君,苏志勇 (7471)
桑科中 4 种桑天牛寄主植物的挥发物成分研究·····	张 琳,WANG Baode,许志春 (7479)
栗山天牛成虫羽化与温湿度的关系·····	杨忠岐,王小艺,王 宝,等 (7486)
人工巢箱条件下杂色山雀的巢位选择及其对繁殖成功率的影响·····	李 乐,万冬梅,刘 鹤,等 (7492)
鸭绿江口湿地鸕鹚类停歇地的生物生态研究·····	宋 伦,杨国军,李 爱,等 (7500)
锡林郭勒草原区气温的时空变化特征·····	王海梅,李政海,乌 兰,等 (7511)
UV-B 辐射胁迫对杨桐幼苗生长及光合生理的影响·····	兰春剑,江 洪,黄梅玲,等 (7516)
小麦和玉米叶片光合-蒸腾日变化耦合机理·····	赵风华,王秋凤,王建林,等 (7526)
利用稳定氢氧同位素定量区分白刺水分来源的方法比较·····	巩国丽,陈 辉,段德玉 (7533)
2010 年冬季寒冷天气对闽江口 3 种红树植物幼苗的影响·····	雍石泉,仝 川,庄晨辉,等 (7542)
人参皂苷与生态因子的相关性·····	谢彩香,索风梅,贾光林,等 (7551)
苈对黑麦草根系几种低分子量有机分泌物的影响·····	谢晓梅,廖 敏,杨 静 (7564)
盐碱地柠条根围土中黑曲霉的分离鉴定及解磷能力测定·····	张丽珍,樊晶晶,牛 伟,等 (7571)
不同近地表土壤水文条件下雨滴打击对黑土坡面养分流失的影响·····	安 娟,郑粉莉,李桂芳,等 (7579)
煤电生产系统的能值分析及新指标体系的构建·····	楼 波,徐 毅,林振冠 (7591)
专论与综述	
东南亚高山森林植被变化对流域产水量的影响·····	张远东,刘世荣,顾峰雪 (7601)
干旱荒漠区斑块状植被空间格局及其防沙效应研究进展·····	胡广录,赵文智,王 岗 (7609)
利用农业生物多样性持续控制有害生物·····	高 东,何霞红,朱书生 (7617)
研究简报	
洪湖湿地生态系统土壤有机碳及养分含量特征·····	刘 刚,沈守云,闫文德,等 (7625)
氯氰菊酯和溴氰菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响·····	黄 林,刘昌利,韦传宝,等 (7632)
学术信息与动态	
SCOPE-ZHONGYU 环境论坛(2011)暨环境科学与可持续发展国际会议成功举办·····	(7639)
《生态学报》3 篇文章入选 2010 年中国百篇最具影响国内学术论文 等·····	(I)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 316 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2011-12	



封面图说: 泥炭藓大多生长在多水、寒冷和贫营养的生境,同时有少数的草本、矮小灌木也生长在其中,但优势植物仍然是泥炭藓属植物。泥炭藓植物植株死后逐渐堆积形成泥炭。经过若干年的生长演变,形成了大片的泥炭藓沼泽。这种沼泽地有黑黑的泥炭,绿绿的草甸和亮晶晶的斑块状水面相间相衬,远远看去就像大地铺上了锦绣地毯一样美丽壮观。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

黄林, 刘昌利, 韦传宝, 夏林. 氯氰菊酯和溴氰菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响. 生态学报, 2011, 31(24): 7632-7638.

Huang L, Liu C L, Wei C B, Xia L. Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of *Brachionus calyciflorus*. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(24): 7632-7638.

氯氰菊酯和溴氰菊酯对萼花臂尾轮虫生殖的影响

黄 林*, 刘昌利, 韦传宝, 夏 林

(皖西学院生物与制药工程学院, 安徽 六安 237012)

摘要:以萼花臂尾轮虫(*Brachionus calyciflorus*)为受试动物,运用3d种群增长和4d休眠卵产量实验方法研究了不同浓度的氯氰菊酯(31.25、62.5、125、250、500、1000 $\mu\text{g/L}$ 和2000 $\mu\text{g/L}$)和溴氰菊酯(15.63、31.25、62.5、125、250 $\mu\text{g/L}$ 和500 $\mu\text{g/L}$)对轮虫生殖的影响。结果显示,氯氰菊酯浓度对轮虫种群增长率、轮虫种群中的 *OF/NOF* 值和 *MF/AF* 值、混交率和休眠卵产量均有显著影响(P 均 <0.001),但对轮虫混交雌体受精率无显著的影响($P>0.05$);溴氰菊酯浓度对轮虫种群增长率、轮虫种群中的 *MF/AF* 值、混交率和休眠卵产量均有显著影响(P 均 <0.05),但对轮虫种群中的 *OF/NOF* 值和混交雌体受精率均无显著的影响($P>0.05$)。与空白对照组相比,31.25—125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯和除31.25 $\mu\text{g/L}$ 外所有浓度的溴氰菊酯都显著升高了轮虫的种群增长率,而1000 $\mu\text{g/L}$ 和2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯却显著降低了轮虫的种群增长率;500 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯使轮虫种群中的带卵雌体数/不带卵雌体数显著升高,而各浓度的溴氰菊酯对其无显著影响;62.5 $\mu\text{g/L}$ 和125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫种群中的混交雌体数/非混交雌体数,而15.63 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯却显著降低了轮虫种群中的混交雌体数/非混交雌体数;62.5—250 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫混交率,而500—2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯以及15.63、31.25、250 $\mu\text{g/L}$ 和500 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯却均显著降低了轮虫混交率;62.5 $\mu\text{g/L}$ 和125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯以及15.63 $\mu\text{g/L}$ 和125 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯均显著升高了轮虫的休眠卵产量。包括空白对照组在内,所有测试液内的轮虫混交雌体受精率均为零。在实验设置的浓度范围内,氯氰菊酯浓度与轮虫的种群增长率、轮虫种群中的混交雌体数/非混交雌体数及轮虫混交率间均具有显著的剂量-效应关系。

关键词:萼花臂尾轮虫;种群增长率;混交率;拟除虫菊酯类;氯氰菊酯;溴氰菊酯

Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of *Brachionus calyciflorus*

HUANG Lin*, LIU Changli, WEI Chuanbao, XIA Lin

College of Biological and Pharmaceutical Engineering West Anhui University, Lu'an Anhui 237012, China

Abstract: Pesticides are major contributors to environmental pollution, and widely distributed in aquatic environments. Zooplanktons, including rotifers, especially *Brachionus calyciflorus* Pallas and *B. plicatilis* Müller, are frequently used as test animals to detect aquatic contaminants because of their sensitivity, specificity of life history and ecological importance. In order to assess the effects of pyrethroids on reproduction of rotifers, and screen out endpoints to detect those aquatic contaminants, the effects of different concentrations of cypermethrin (31.25, 62.5, 125, 250, 500, 1000 and 2000 $\mu\text{g/L}$) and deltamethrin (15.63, 31.25, 62.5, 125, 250 and 500 $\mu\text{g/L}$) on population growth rate, ratio ovigerous females/non-ovigerous females, ratio mictic females/amictic females, mictic rate, fertilization rate of mictic females and resting egg production of Guangzhou strain of *B. calyciflorus* were studied by means of 3-day population growth and 4-day resting egg production tests. The results showed that the cypermethrin concentration affected significantly population growth rate, ratio ovigerous females/non-ovigerous females, ratio mictic females/amictic females, mictic rate and resting egg production (all

基金项目:安徽省教育厅自然科学基金资助项目(KJ2010B269, KJ2008A138, KJ2010A328);安徽省六安市定向委托皖西学院市级研究项目(2009LW026)

收稿日期:2011-05-05; 修订日期:2011-08-01

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

the $P < 0.001$), but did not affect fertilization rate of mictic females of the rotifers ($P > 0.05$). The deltamethrin concentration affected markedly population growth rate, ratio mictic females/amictic females, mictic rate and resting egg production (all the $P < 0.05$), but did not affect ratio ovigerous females/non-ovigerous females and fertilization rate of mictic females of the rotifers ($P > 0.05$). Compared with the controls, cypermethrin at 31.25—125 $\mu\text{g/L}$ and deltamethrin at all the concentrations except 31.25 $\mu\text{g/L}$ increased significantly the population growth rate of the rotifers, but the reverse was also true for cypermethrin at 1000 and 2000 $\mu\text{g/L}$. Cypermethrin at 500 $\mu\text{g/L}$ increased significantly the ratio ovigerous females/non-ovigerous females, but deltamethrin at each concentration did not significantly affect it. Cypermethrin at 62.5 and 125 $\mu\text{g/L}$ increased significantly the ratio mictic females/amictic females, but the reverse was also true for deltamethrin at 15.63 $\mu\text{g/L}$. Cypermethrin at 62.5—250 $\mu\text{g/L}$ increased significantly the mictic rate in the rotifer populations, but cypermethrin at 500—2000 $\mu\text{g/L}$ and deltamethrin at 15.63, 31.25, 250 and 500 $\mu\text{g/L}$ decreased markedly it. Cypermethrin at 62.5 and 125 $\mu\text{g/L}$ and deltamethrin at 15.63 and 125 $\mu\text{g/L}$ increased significantly resting egg production of the rotifers. The fertilization rates of mictic females of the rotifers exposed to all the tested compounds and the controls were zero. In the range of experimental concentrations, significant dose-response relationships existed between the population growth rate, the ratio mictic females/amictic females as well as the mictic rates in the rotifer populations and the cypermethrin concentration. The above-mentioned reproduction parameters of the rotifer *B. calyciflorus* might be used to detect cypermethrin in aquatic environments. However, no significant dose-response relationships existed between any reproduction parameters of the rotifer *B. calyciflorus* and the deltamethrin concentration, indicating there was no feasible to use reproduction parameters of the rotifers to detect deltamethrin in aquatic environments.

Key Words: *Brachionus calyciflorus*; population growth rate; mictic rate; pyrethroids; cypermethrin; deltamethrin

氯氰菊酯和溴氰菊酯为拟除虫菊酯类杀虫剂,继 20 世纪 70 年代由 Elliot 合成以来,由于其比天然除虫菊酯活性强,且对日光稳定^[1-2],只要使用相当于有机磷、氨基甲酯 10%—20% 的药量就能得到同样的防治效果,因而得到了广泛的应用,特别是作为鱼用杀虫剂在水产养殖业的应用,使其进入水环境的途径越来越多,剂量也越来越大,其在鱼体内的残留会通过食物链威胁到人体健康。已有研究表明,氯氰菊酯和溴氰菊酯对鱼类等水生生物具有高毒性和环境雌激素活性^[3-12],而对毒物敏感性较强的浮游生物特别是对轮虫的影响如何还少见报道^[13-16],且多为急性毒性效应^[13, 15]。

轮虫在水生态系统的物质循环和能量流动等过程中具有重要的作用。由于其生活史的特殊性和对环境变化的敏感性等特点,淡水蓼花臂尾轮虫(*B. calyciflorus*)和咸水褶皱臂尾轮虫(*B. plicatilis*)在水环境监测和水生态毒理学研究中已成为重要的模式动物^[17]。徐晓平等采用轮虫生命表实验方法,以安徽芜湖品系的蓼花臂尾轮虫为受试生物,研究了不同浓度的溴氰菊酯对轮虫种群动态的影响^[16]。Snell 等认为,没有任何一种轮虫能够对所有的化合物都保持最敏感的优势^[18]。因而,可以推测,同种轮虫的不同品系对同种污染物的敏感度可能不同;而轮虫生命表实验方法和群体累积培养实验方法的应用对于更加全面正确的理解轮虫对不同污染物的响应是相互补充、相互促进的^[19-20]。

本研究采用 3d 种群增长和 4d 休眠卵产量实验方法,研究了不同浓度的氯氰菊酯和溴氰菊酯对广州品系蓼花臂尾轮虫生殖的影响,旨在探明拟除虫菊酯类杀虫剂影响轮虫生殖的规律,为利用轮虫的生殖监测此类环境污染物的生态效应提供适宜的指标。

1 材料与方法

1.1 轮虫的来源和预培养

实验用蓼花臂尾轮虫由采自广州市一水体沉积物中的休眠卵孵化所得,实验室内在 $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、自然光照条件下进行克隆培养,培养时间在 1 个月以上;所用的轮虫培养液采用 EPA 配方^[21],所用饵料是由 HB-4 培养基^[22]培养的、处于指数增长期的斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus*),离心浓缩后使用。实验前,将轮虫置于

(25 ± 1) °C 的恒温培养箱内进行为期一周的预培养^[15],所用培养器皿为 10 mL 玻璃刻度试管。预培养过程中,每天喂以密度为 3.0×10^6 cells/mL 的斜生栅藻(*S. obliquus*)并更换轮虫培养液,同时通过去除一部分个体使得轮虫种群始终处于指数增长期。

1.2 3 天种群增长和 4 天休眠卵产量实验

研究用氯氰菊酯(5%乳油)和溴氰菊酯(2.5%乳油)系艾格福有限公司(天津)制造,购自安徽省六安市农科所,实验室内 4°C 保存备用。

实验参照 Radix 等^[23]、Snell 和 Carmona^[24]的方法进行。根据这 2 种杀虫剂对轮虫的急性毒性实验结果,将氯氰菊酯浓度设置为 31.25、62.5、125、250、500、1000 $\mu\text{g/L}$ 和 2000 $\mu\text{g/L}$ 共 7 个浓度梯度,溴氰菊酯浓度设置为 15.63、31.25、62.5、125、250 $\mu\text{g/L}$ 和 500 $\mu\text{g/L}$ 共 6 个浓度梯度,每个浓度各设置 4 个重复,另设一个空白对照(EPA 培养基)。测试液的配制采用母液稀释的方法,实验前,先用蒸馏水配制 100 mg/L 的母液,然后用 EPA 培养基(含密度为 3.0×10^6 个/mL 的斜生栅藻)配制得到不同浓度的氯氰菊酯和溴氰菊酯测试液。

从预培养的试管中随机吸取带非混交卵的轮虫雌体若干个置于培养皿(含密度为 3.0×10^6 个/mL 的斜生栅藻)中进行培养,3 h 后收集孵化出的轮虫幼体。将每 15 个轮虫幼体放入一容积为 8 mL 的玻璃杯中,加入 5 mL 测试液。实验在 (25 ± 1) °C、无光照的恒温培养箱中进行。72 h 后,计数轮虫各类型雌体的数量;计数后的轮虫返回原培养器皿中继续培养 24 h 后,计数混交雌体所携带的休眠卵数和已脱落的休眠卵数。实验期间,每 12 h 悬浮一次沉积于杯底的藻类食物;每 24 h 更换测试液并投喂新鲜的藻类食物。

1.3 雌体类型的划分和鉴别

与杨家新和黄祥飞^[25]相同。

1.4 相关参数的定义和计算方法

种群增长率: $r=(\ln N_t-\ln N_0)/t$,式中, N_t 和 N_0 分别为实验结束和实验开始时的接种密度; $t=3\text{d}$ ^[23];

OF/NOF:携卵的雌体数/不携卵的雌体数^[23];

MF/AF:携卵雌体中混交雌体数(包括携雄卵和携休眠卵的个体)/非混交雌体数^[23];

混交雌体百分率(Mictic rate,MR):简称混交率,种群中的混交雌体数/雌体总数^[24];

混交雌体受精率(Fertilization rate,FR):简称受精率,轮虫种群中受精的混交雌体数/混交雌体总数^[24];

休眠卵产量(Resting egg production,RE):5 mL 培养液中的轮虫在四天内所产的休眠卵总数^[24]。

1.5 数据的统计分析

采用 SPSS13.0 统计软件对数据进行单因素方差分析(One-Way ANOVA)和多重比较(SNK 检验)分析各浓度组与空白对照组间的差异显著性;对轮虫各生殖参数与两种杀虫剂浓度间的剂量-效应关系进行回归分析。

2 结果与分析

氯氰菊酯浓度对轮虫种群增长率、轮虫种群中的 OF/NOF 值和 MF/AF 值、混交率和休眠卵产量均有显著影响(P 均 <0.001),但对轮虫混交雌体受精率无显著的影响($P>0.05$)。与空白对照组相比,31.25—125 $\mu\text{g/L}$ 氯氰菊酯显著提高了轮虫种群增长率,1000 $\mu\text{g/L}$ 和 2000 $\mu\text{g/L}$ 氯氰菊酯却显著降低了轮虫的种群增长率;500 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫种群中的 OF/NOF 值;62.5 $\mu\text{g/L}$ 和 125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫种群中的 MF/AF 值;62.5—250 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫混交率,而 500—2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯却显著降低了轮虫混交率;62.5 和 125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯显著升高了轮虫的休眠卵产量(表 1)。

包括空白对照组在内,所有浓度的 2 种杀虫剂溶液内的轮虫混交雌体受精率均为 0,但少数浓度组的测试液内有少量的休眠卵产生(表 1)。其原因主要在于受精率是 3d 实验结束时通过计数获得的,计数时受精的混交雌体的确定是根据雌体后端携带着休眠卵;而休眠卵产量是 4d 内的结果。3d 实验结束计数时虽然未见携带休眠卵的混交雌体,但 24 h 后休眠卵已经从体内产出且少数已脱落沉入容器底部。

溴氰菊酯浓度对轮虫种群增长率、轮虫种群中的 MF/AF 值、混交率和休眠卵产量等种群参数均有显著影

响(P 均 <0.05),但对轮虫种群中的 OF/NOF 值和混交雌体受精率均无显著的影响($P>0.05$)。与空白对照组相比,除 $31.25\text{ }\mu\text{g/L}$ 外,所有浓度的溴氰菊酯都显著升高了轮虫种群增长率; $15.63\text{ }\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯显著降低了轮虫种群中的 MF/AF 值; 15.63 、 31.25 、 $250\text{ }\mu\text{g/L}$ 和 $500\text{ }\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯均显著降低了轮虫混交率; $15.63\text{ }\mu\text{g/L}$ 和 $125\text{ }\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯显著升高了轮虫的休眠卵产量(表 1)。

表 1 不同浓度的氯氰菊酯和溴氰菊酯对蓼花臂尾轮虫种群参数的影响(平均数 $\pm$ 标准误)

Table 1 Effects of different concentrations of cypermethrin and deltamethrin on the population parameters of *Brachionus calyciflorus* (mean $\pm$ SE)

毒物 Toxicants	浓度/($\mu\text{g/L}$) Concentration	r/d	OF/NOF	MF/AF	MR	FR	RE /(个 $\cdot(5\text{mL}\cdot4\text{d})^{-1}$)
对照 control	0	0.5384 ± 0.0176	0.86 ± 0.10	0.34 ± 0.05	0.11 ± 0.01	0	0
氯氰菊酯 Cypermethrin	31.25	$0.7857\pm0.0131^*$	0.67 ± 0.09	0.40 ± 0.09	0.10 ± 0.01	0	0
	62.5	$0.6822\pm0.0266^*$	0.83 ± 0.06	$0.69\pm0.12^*$	$0.18\pm0.02^*$	0	$0.50\pm0.29^*$
	125	$0.6765\pm0.0232^*$	0.77 ± 0.05	$0.64\pm0.12^*$	$0.16\pm0.02^*$	0	$1.75\pm0.25^*$
	250	0.5617 ± 0.0239	1.24 ± 0.10	0.47 ± 0.03	$0.18\pm0.01^*$	0	0
	500	0.4570 ± 0.0284	$1.84\pm0.31^*$	0.11 ± 0.06	$0.06\pm0.03^*$	0	0
	1000	$0.3840\pm0.0681^*$	0.46 ± 0.23	0.14 ± 0.07	$0.03\pm0.01^*$	0	0
	2000	$0.3545\pm0.0310^*$	0.36 ± 0.25	0.15 ± 0.07	$0.03\pm0.01^*$	0	0
溴氰菊酯 Deltamethrin	15.63	$0.6109\pm0.0237^*$	0.74 ± 0.03	$0.16\pm0.01^*$	$0.06\pm0.01^*$	0	$5.75\pm0.85^*$
	31.25	0.5726 ± 0.0245	0.65 ± 0.06	0.21 ± 0.05	$0.07\pm0.01^*$	0	0
	62.5	$0.6847\pm0.0301^*$	0.92 ± 0.09	0.28 ± 0.05	0.10 ± 0.02	0	0
	125	$0.6320\pm0.0097^*$	0.92 ± 0.05	0.30 ± 0.05	0.11 ± 0.01	0	$2.25\pm0.25^*$
	250	$0.6265\pm0.0137^*$	0.83 ± 0.12	0.22 ± 0.05	$0.08\pm0.01^*$	0	0
	500	$0.6019\pm0.0138^*$	0.63 ± 0.11	0.28 ± 0.07	$0.08\pm0.01^*$	0	0

单因素方差分析和 SNK-多重比较,* 与对照组相比有显著性差异; r :种群增长率; OF/NOF :携卵的雌体数/不携卵的雌体数; MF/AF :携卵雌体中混交雌体数/非混交雌体数; MR :混交率; FR :受精率; RE :休眠卵产量

回归分析结果显示,在实验设置的浓度范围内,氯氰菊酯浓度与轮虫的种群增长率、轮虫种群中的 MF/AF 值和轮虫混交率间均具有显著的剂量-效应关系(表 2),蓼花臂尾轮虫的上述各生殖参数可用于水环境中氯氰菊酯的监测;而溴氰菊酯浓度与轮虫的所有生殖参数间均无显著的剂量-效应关系,因而,用轮虫的生殖参数来监测水环境中溴氰菊酯的可行性不高。

表 2 蓼花臂尾轮虫种群参数与氯氰菊酯浓度间的关系

Table 2 Relationships between the population parameters of *Brachionus calyciflorus* and concentration (X , $\mu\text{g/L}$) of cypermethrin

参数 Parameters	回归方程 Regression equations	显著性检验 Significant tests
r	$Y=2\times10^{-7}X^2-0.0006X+0.7440$	$R^2=0.8186, P<0.001$
MF/AF	$Y=3\times10^{-7}X^2-0.0009X+0.6189$	$R^2=0.4994, P<0.001$
MR	$Y=6\times10^{-8}X^2+0.0002X+0.1707$	$R^2=0.5997, P<0.001$

3 讨论

根据对拟除虫菊酯类杀虫剂环境雌激素活性的离体筛选结果,1998 年美国 EPA 将氯氰菊酯、氯菊酯、亚尔发菊酯和氯戊菊酯列入 67 种环境内分泌干扰物黑名单^[10]。邴欣和汝少国以金鱼为受试对象研究表明,氯氰菊酯和溴氰菊酯具有潜在的环境雌激素活性^[10]。目前,有关具雌激素活性的水体污染物对轮虫种群增长的影响已有一些报道^[23, 26-30],但关于具雌激素活性的拟除虫菊酯类杀虫剂对轮虫种群增长的影响研究还很少^[14, 16]。Lutnicka 的研究表明,极低浓度($0.02\times10^{-3}\text{ }\mu\text{g/L}$)的氯氰菊酯使蓼花臂尾轮虫的种群增长率升高了 2.5%,而同样浓度的溴氰菊酯却使其降低了 2.2%^[14]。在溴氰菊酯浓度为 600—3600 $\mu\text{g/L}$ 时,安徽芜湖品系的蓼花臂尾轮虫净生殖率和种群内禀增长率均随溴氰菊酯浓度的升高而下降;除了 600 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯

对轮虫的净生殖率具微小的促进作用外,其它所有浓度的溴氰菊酯对轮虫的净生殖率和种群内禀增长率均具有抑制作用^[16]。本研究表明,31.25—125 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯和 15.63、62.5、125、250 $\mu\text{g/L}$ 和 500 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯均促进了广州品系蓼花臂尾轮虫的种群增长,这与 Lutnicka^[14] 关于氯氰菊酯和徐晓平等^[16] 关于 600 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯的研究结果是一致的,而与 Lutnicka^[14] 关于溴氰菊酯的研究结果相反,其原因可能与轮虫品系的不同有关。同时,本研究中 1000 $\mu\text{g/L}$ 和 2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯抑制了轮虫的种群增长,这与徐晓平等^[16] 关于 1200—3600 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯的研究结果也是一致的,这可能是较高浓度的氯氰菊酯和溴氰菊酯对轮虫的种群增长已经显示了较高的毒性。可见,拟除虫菊酯类杀虫剂对轮虫的毒性作用因其种类、浓度和轮虫品系的不同而异。

Radix 等首次研究了具雌激素活性的环境污染物对蓼花臂尾轮虫种群中的 OF/NOF 值和 MF/AF 值的影响,结果发现浓度为 0.59—2.72 $\mu\text{mol/L}$ 的壬基酚能显著提高轮虫种群中的 OF/NOF 值,0.57—1.42 $\mu\text{mol/L}$ 的睾丸素能显著提高轮虫种群中的 MF/AF 值^[23]。赵兰兰等应用安徽芜湖品系蓼花臂尾轮虫研究发现,5000 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸二丁酯和 5—5000 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸二异辛酯均使轮虫种群中的 OF/NOF 值显著升高;但其所研究的邻苯二甲酸酯类物质对轮虫种群中的 MF/AF 值均无显著影响^[29]。本研究中,500 $\mu\text{g/L}$ 氯氰菊酯使广州品系蓼花臂尾轮虫种群中的 OF/NOF 值显著升高,而各浓度的溴氰菊酯对其无显著影响;62.5 和 125 $\mu\text{g/L}$ 氯氰菊酯显著升高了轮虫种群中的 MF/AF 值,而 15.63 $\mu\text{g/L}$ 溴氰菊酯却使其显著降低;可以看出,轮虫种群中的 MF/AF 值对氯氰菊酯和溴氰菊酯的敏感性比 OF/NOF 值强,这与赵兰兰等^[29] 的研究结果相反;污染物种类、浓度和轮虫品系的不同可能是其主要原因。

轮虫种群中的混交率和混交雌体受精率曾被作为监测污染物对轮虫有性生殖影响的指标。已有研究发现,50 $\mu\text{g/L}$ 和 500 $\mu\text{g/L}$ 的保幼激素、50 $\mu\text{g/L}$ 和 5000 $\mu\text{g/L}$ 的 5-羟色胺显著提高了褶皱臂尾轮虫的混交率,2.5 和 25 Iu/L 的生长激素、500—50000 $\mu\text{g/L}$ 的 γ -氨基丁酸和 20-羟基蜕皮酮分别显著提高了轮虫种群增长至第 8、4 和 6 天时的混交率,而三碘甲腺原氨酸和人绒毛促性腺激素对轮虫种群中混交雌体的产生无显著影响^[28];2000—8000 $\mu\text{g/L}$ 的草甘膦^[31] 和 500 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸二丁酯、50 $\mu\text{g/L}$ 和 500 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸二异辛酯及 500 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸丁苄酯^[29] 均显著升高了安徽芜湖品系蓼花臂尾轮虫种群中的混交率。葛雅丽等应用轮虫生命表实验方法研究了广州、芜湖和青岛三品系蓼花臂尾轮虫全部后代中的混交率,发现轮虫品系也对其有显著影响^[32]。另外,1 $\mu\text{g/L}$ 氟硝丁酰胺、10 $\mu\text{g/L}$ 睾丸素、50 $\mu\text{g/L}$ 壬基酚^[33] 和 5000 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二异辛酯、500 $\mu\text{g/L}$ 的邻苯二甲酸丁苄酯^[29] 均分别显著抑制了褶皱臂尾轮虫和芜湖品系蓼花臂尾轮虫种群中的混交雌体受精率。本研究发现,62.5—250 $\mu\text{g/L}$ 氯氰菊酯显著升高了芜湖品系蓼花臂尾轮虫种群中的混交率,而 500—2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯、15.63、31.25、250 $\mu\text{g/L}$ 和 500 $\mu\text{g/L}$ 的溴氰菊酯却均显著降低了轮虫混交率;在 3d 的实验时间内,包括空白对照组在内,所有浓度的拟除虫菊酯溶液内的轮虫均没有发现带休眠卵的非混交雌体,即受精率为零。可见,具雌激素活性的水体污染物对轮虫种群中的混交率和混交雌体受精率的影响也因污染物的种类及其浓度、轮虫种类及其品系的不同而异。

大多数学者都认为,轮虫的有性生殖(以混交率和休眠卵产量等为指标)比无性生殖(以种群增长率为指标)对污染物更敏感^[24,31,33-34]。而本研究结果(表 1)与赵兰兰等的发现相似,轮虫的无性生殖指标如种群增长率有时比有性生殖指标如种群中的混交率、混交雌体受精率和休眠卵产量等更为敏感^[29]。究其原因,可能在于污染物种类和轮虫品系的不同。

由于轮虫休眠卵的产生贯穿于轮虫的整个生活史,因此在毒理学实验中,休眠卵产量被看作是比较轮虫种群中的混交率等实验终点对污染物更为敏感的指标^[29,31,33,35],本研究结果与其并非完全一致(表 1)。因为轮虫休眠卵的形成及产量受到许多环境因子的影响,也常因轮虫的种类而异^[36];况且只有当种群密度较高时,雄性轮虫才有足够多的机会与混交雌体相遇而受精^[37]。本研究中,所有测试液中轮虫的密度都较低;最低密度为 8.8 个/mL,出现在 2000 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯浓度组;最高密度也只有 31.75 个/mL,出现在 31.25 $\mu\text{g/L}$ 的氯氰菊酯浓度组;可见轮虫的种群密度较低,雄性轮虫与混交雌体相遇的机会较小,从而混交雌体受精的机会

也较小。本研究发现轮虫休眠卵产量对两种拟除虫菊酯类杀虫剂并非是最敏感的指标,污染物的种类、轮虫种类和品系的不同以及轮虫的密度较低可能是其主要原因。

已有研究结果表明,蓼花臂尾轮虫种群增长率分别与乙炔雌二醇、壬基酚、睾丸素、邻苯二甲酸二丁酯、草甘膦、甲基托布津浓度间^[23,29,31]、轮虫种群中的 *OF/NOF* 值与壬基酚浓度间^[23]、轮虫种群中的混交雌体百分率分别与邻苯二甲酸丁苄酯和草甘膦浓度间^[29,31]、轮虫种群中的混交雌体受精率与邻苯二甲酸二丁酯浓度间^[29]、休眠卵产量分别与邻苯二甲酸二异辛酯和草甘膦浓度间^[29,31]均具有显著的剂量-效应关系。与其相似的是,本研究中,在实验设置的浓度范围内,氯氰菊酯浓度与轮虫的种群增长率、轮虫种群中的混交雌体数/非混交雌体数及混交雌体百分率间均具有显著的剂量-效应关系(表2),上述各参数可用于对水体中的氯氰菊酯的监测;而溴氰菊酯浓度与轮虫的各生殖参数间均无显著的剂量-效应关系,因而,用轮虫的生殖参数来监测水环境中溴氰菊酯的可行性不高。

References:

- [1] Elliott M, Farnham A W, Janes N F, Needham P H, Pulman D A, Stevenson J H. A photostable pyrethroid. *Nature*, 1973, 246(5429): 169-170.
- [2] Elliott M, Farnham A W, Janes N F, Needham P H, Pulman D A. Synthetic insecticide with a new order of activity. *Nature*, 1974, 248(5450): 710-711.
- [3] Wang Z H, Yin Y W. Studies of the toxicity of pyrethroid insecticides (crude product and commodity grades) and solvents to aquatic organisms. *Journal of Jinan University (Natural Science Edition)*, 1997, 18(1): 98-103.
- [4] Wang Z H, Yin Y W, Xu Z N, Zhou J, Zhang Q, Zhang D P. Acute and subchronic toxicity of pyrethroid insecticides to *Gobiocypris rarus*. *Journal of Applied and Environmental Biology*, 1998, 4(4): 379-382.
- [5] Datta M, Kaviraj A. Ascorbic acid supplementation of diet for reduction of deltamethrin induced stress in freshwater catfish *Clarias gariepinus*. *Chemosphere*, 2003, 53(8): 883-888.
- [6] Sayeed I, Parvez S, Pandey S, Bin-Hafeez B, Haque R, Raisuddin S. Oxidative stress biomarkers of exposure to deltamethrin in freshwater fish *Channa punctatus* Bloch. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2003, 56(2): 295-301.
- [7] Wang Y, Xiong L, Liu X P, Xie T, Wang K, Huang X Q, Feng Z L. Subacute toxicity of cypermethrin to carp. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(1): 200-203.
- [8] Xie W P, Ma G Z, Lai Z N. Toxicity of some agricultural pesticides to grass carp fingerlings. *Reservoir Fisheries*, 2006, 26(1): 98-103.
- [9] Wang R L, Chen Y M, Xu J, Fang Z Q, Ma G Z. Effects of cypermethrin on superoxide dismutase (SOD) activities in liver and gill tissues of *Tanichthys albonubes*. *Ecology and Environment*, 2007, 16(3): 790-793.
- [10] Bing X, Ru S G. Determination of environmental estrogenic activity of four pyrethroid pesticides. *China Environmental Science*, 2009, 29(2): 152-156.
- [11] Xia W, Hu Q Q, Xiong L, Mu W, Zhou Q Q. Effects of cypermethrin on Kidney LDH isoenzyme, activities of serum GOT and SOD in *Carassius auratus*. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2009, 4(1): 87-92.
- [12] Han J, Li L, Ye H, Xu R J. Effect of atrazine and cypermethrin on catalase activity in organs of *carassius auratus*. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2010, 38(10): 203-204.
- [13] Chen L Y, Cai D J. Toxicity of pyrethroid pesticide to hydrobios // Cai D J, ed. *Research of Environmental Toxicology of Pesticide*. Beijing: China Environmental Science Press, 1999: 107-113.
- [14] Lutnicka H. The influence of type I pyrethroids: cypermethrin and deltamethrin on algae, crustaceans and rotifer. *Toxicology Letters*, 2003, 144(1): 172-173.
- [15] Yang J X, Wang X, Zhou N. Effects of three pesticides on population dynamics of *Brachionus calyciflorus*. *Freshwater Fisheries*, 2004, 34(2): 20-22.
- [16] Xu X P, Xi Y L, Chu Z X, Chen F. Effect of deltamethrin on experimental population dynamics of freshwater rotifers *Brachionus calyciflorus*. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51(2): 251-256.
- [17] Wallace R L, Snell T W. *Rotifera: Ecology and Systematic of North American Freshwater Invertebrates*. New York: Academic Press, 1991: 187-248.
- [18] Snell T W, Moffat B D, Janssen C R, Persoone G. Acute toxicity tests using rotifers. IV. Effects of cyst age, temperature, and salinity on the sensitivity of *Brachionus calyciflorus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1991, 21(3): 308-317.
- [19] Nandini S, Sarma S S S, Hurtado-Bocanegra M D. Effect of four species of cladocerans (Crustacea) on the population growth of *Brachionus patulus* (Rotifera). *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 2002, 30(2/3): 101-107.
- [20] Sarma S S S, Nandini S. Comparative life table demography and population growth of *Brachionus macracanthus* Daday, 1905 and *Platyias quadricornis* Ehrenberg, 1832 (Rotifera, Brachionidae) in relation to algal (*Chlorella vulgaris*) food density. *Acta Hydrochimica et Hydrobiologica*, 2002, 30(2/3): 128-140.
- [21] Peltier W H, Weber C I, USEPA. *Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms*. Washington DC:

- Environ Protec Agency, 1985; 216-216.
- [22] Zhang Z S, Huang X F. Method for Study on Freshwater Plankton. Beijing: Science Press, 1991; 410-411.
- [23] Radix P, Severin G, Schramm K W, Kettrup A. Reproduction disturbances of *Brachionus calyciflorus* (rotifer) for the screening of environmental endocrine disrupters. Chemosphere, 2002, 47(10): 1097-1101.
- [24] Snell T W, Carmona M J. Comparative toxicant sensitivity of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus calyciflorus*. Environment Toxicity and Chemistry, 1995, 14(3): 415-420.
- [25] Yang J X, Huang X F. Effects of density and temperature on the egg and mictic female produced by *Brachionus calyciflorus*. Journal of Lake Science, 1996, 8(4): 367-372.
- [26] Rao T R, Sarma S S S. Demographic parameters of *Brachionus patulus* Müller (Rotifera) exposed to sublethal DDT concentrations at low and high food levels. Hydrobiologia, 1986, 139(3): 193-200.
- [27] Fernandez-Casalderrey A, Ferrando M D, Andreu-Moliner E. Demographic parameters of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifers) exposed to sublethal endosulfan concentrations. Hydrobiologia, 1991, 226(2): 103-110.
- [28] Gallardo W G, Hagiwara A, Tomita Y, Soyano K, Snell T W. Effect of some vertebrate and invertebrate hormones on the population growth, mictic female production, and body size of the marine rotifer *Brachionus plicatilis* Müller. Hydrobiologia, 1997, 358(1/3): 113-120.
- [29] Zhao L L, Xi Y L, Huang L, Zha C W. Effects of phthalate acid esters on population growth and sexual reproduction of rotifers *Brachionus calyciflorus*. Acta Zoologica Sinica, 2007, 53(2): 250-256.
- [30] Yao S, Xi Y L, Zhao L L, Yang D Q. Effects of dicofol concentration and food density on the population growth of rotifer *Brachionus calyciflorus*. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(4): 578-582.
- [31] Xi Y L, Feng L K. Effect of Thiophanate-methyl and glyphosate on asexual and sexual reproduction in the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2004, 73: 644-651.
- [32] Ge Y L, Xi Y L, Chen F, Dong L L, Chu Z X, Xu X P. Effects of food concentration on the duration of reproductive period and the formation of mictic female in different strains of freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus*. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(8): 1831-1837.
- [33] Preston B L, Snell T W, Roberston T L, Dingmann B J. Use of freshwater rotifer *Brachionus calyciflorus* in screening assay for potential endocrine disruptors. Environment Toxicity and Chemistry, 2000, 19(12): 2923-2928.
- [34] Lubens E, Minkoff G, Marom S. Salinity dependence of sexual and asexual reproduction in the rotifer *Brachionus plicatilis*. Marine Biology, 1985, 85(2): 123-126.
- [35] Preston B L, Snell T W. Full life-cycle toxicity assessment using rotifer resting egg production: implications for ecological risk assessment. Environmental Pollution, 2001, 114(3): 399-406.
- [36] Yang J X, Huang X F, Liu J K. Research advances on resting eggs of freshwater rotifer. Zoological Research, 1999, 20(6): 462-467.
- [37] Gilbert J J. Rotifera // Adiyodi K G, Adiyodi R G, eds. Reproductive Biology of Invertebrates. Vol 6, Part A, Asexual Propagation and Reproductive Strategies. New Delhi: Oxford and IBH Publishing Co PVT LTD, 1993; 231-263.

参考文献:

- [3] 王朝晖, 尹伊伟. 常见拟除虫菊酯(原药、商品)及助溶剂对水生生物毒性的比较. 暨南大学学报(自然科学版), 1997, 18(1): 98-103.
- [4] 王朝晖, 尹伊伟, 许忠能, 周洁, 张琦, 张冬鹏. 8种拟除虫菊酯农药对稀有鮎鲫的急性、亚慢性毒性研究. 应用与环境生物学报, 1998, 4(4): 379-382.
- [7] 王媛, 熊丽, 刘喜平, 谢涛, 王奎, 黄小琴, 冯张露琳. 氯氰菊酯对鲤鱼亚急性毒性研究. 农业环境科学学报, 2006, 25(1): 200-203.
- [8] 谢文平, 马广智, 赖子尼. 氯氰菊酯和有机磷农药对草鱼鱼种急性及联合毒性. 水利渔业, 2006, 26(1): 98-103.
- [9] 王瑞龙, 陈玉明, 徐军, 方展强, 马广智. 氯氰菊酯对唐鱼肝和鳃组织超氧化物歧化酶(SOD)活性的影响. 生态环境, 2007, 16(3): 790-793.
- [10] 邴欣, 汝少国. 四种拟除虫菊酯类农药的环境雌激素活性研究. 中国环境科学, 2009, 29(2): 152-156.
- [11] 夏伟, 胡芹芹, 熊丽, 牟文, 周巧巧. 氯氰菊酯胁迫下鲫鱼肾脏 LDH 同工酶和血清 GOT、SOD 活性的变化. 生态毒理学报, 2009, 4(1): 87-92.
- [12] 韩杰, 李俐, 叶行, 许人骥. 阿特拉津与氯氰菊酯联合染毒对鲫鱼 CAT 活性的影响. 贵州农业科学, 2010, 38(10): 203-204.
- [13] 陈良燕, 蔡道基. 拟除虫菊酯农药对水生生物的毒性 // 蔡道基. 农药环境毒理学研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1999: 107-113.
- [15] 杨家新, 王笑, 周宁. 三种农药对蓼花臂尾轮虫种群变动的影响初探. 淡水渔业, 2004, 34(2): 20-22.
- [16] 徐晓平, 席贻龙, 储昭霞. 溴氰菊酯对蓼花臂尾轮虫实验种群动态的影响. 动物学报, 2005, 51(2): 251-256.
- [22] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991: 410-411.
- [25] 杨家新, 黄祥飞. 密度和温度对蓼花臂尾轮虫产卵量和混交雌体的影响. 湖泊科学, 1996, 8(4): 367-372.
- [29] 赵兰兰, 席贻龙, 黄林, 查春旺. 邻苯二甲酸酯类物质对蓼花臂尾轮虫种群增长和有性生殖的影响. 动物学报, 2007, 53(2): 250-256.
- [30] 姚胜, 席贻龙, 赵兰兰, 杨冬青. 三氯杀螨醇浓度和食物密度对蓼花臂尾轮虫种群增长的影响. 生态学杂志, 2008, 27(4): 578-582.
- [32] 葛雅丽, 席贻龙, 陈芳, 董丽丽, 储昭霞, 徐晓平. 食物浓度和品系对蓼花臂尾轮虫生殖期历时和混交雌体形成的影响. 生态学报, 2005, 25(8): 1831-1837.
- [36] 杨家新, 黄祥飞, 刘建康. 淡水轮虫休眠卵的研究进展. 动物学研究, 1999, 20(6): 462-467.

CONTENTS

The community structure of endophytic bacteria in different parts of huanglongbing-affected citrus plants	LIU Bo, ZHENG Xuefang, SUN Daguang, et al (7325)
A research on the response of the radial growth of <i>Pinus koraiensis</i> to future climate change in the XiaoXing'AnLing	YIN Hong, WANG Jing, LIU Hongbin, et al (7343)
Efficiency and kinetic process of nitrogen removal in a subsurface wastewater infiltration system (SWIS)	LI Haibo, LI Yinghua, SUN Tieheng, et al (7351)
Designing nature reserve systems based on ecosystem services in Hainan Island	XIAO Yi, CHEN Shengbin, ZHANG Lu, et al (7357)
Assessing ecological services value of herbivorous wild animals in Changtang grassland: a case study of Tibetan antelope	LU Chunxia, LIU Ming, FENG Yue, et al (7370)
Spatial characteristics analysis of ecological system service value in QianJiang City of Hubei Province	XU Beishen, ZHOU Yong, XU Li, et al (7379)
Landscape pattern change and its influence on soil carbon pool in Napahai wetland of Northwestern Yunnan	LI Ningyun, YUAN Hua, TIAN Kun, et al (7388)
Multi-scenarios analysis for wetlands ecosystem conservation based on connectivity: a case study on HuangHuaiHai Region, China ...	SONG Xiaolong, LI Xiaowen, ZHANG Mingxiang, et al (7397)
The potential of carbon sink in alpine meadow ecosystem on the Qinghai-Tibetan Plateau	HAN Daorui, CAO Guangmin, GUO Xiaowei, et al (7408)
The relations of spectrum reflectance with inhomogeneous factors and albedo parameterization ...	ZHANG Jie, ZHANG Qiang (7418)
Groundwater ecological sensitivity assessment in the lower Liaohe River Plain based on GIS technique	SUN Caizhi, YANG Lei, HU Dongling (7428)
Ecological sensitivity of Xiamen City to land use changes	HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (7441)
Investigation and analysis on situation of ecotourism development in protected areas of China	ZHONG Linsheng, WANG Jing (7450)
Handicapping male-cheaters by stable mate relationship in yellow-bellied prinia, <i>Prinia flaviiventris</i>	CHU Fuyin, TANG Sixian, PAN Hujun, et al (7458)
Effects of dietary protein content and food restriction on the physiological characteristics of female <i>Microtus fortis</i>	ZHU Junxia, WANG Yong, ZHANG Meiwen, et al (7464)
Predator-prey system with positive effect for prey	QI Jun, SU Zhiyong (7471)
Volatile constituents of four moraceous host plants of <i>Apriona germari</i>	ZHANG Lin, WANG Baode, XU Zhichun (7479)
Relationship between adult emergence of <i>Massicus raddei</i> (Coleoptera: Cerambycidae) and temperature and relative humidity	YANG Zhongqi, WANG Xiaoyi, WANG Bao, et al (7486)
Nest site selection and reproductive success of <i>Parus varius</i> in man-made nest boxes	LI Le, WAN Dongmei, LIU He, et al (7492)
A study on bio-ecology of the stopover site of waders within China's Yalu River estuary wetlands	SONG Lun, YANG Guojun, LI Ai, et al (7500)
The spatial-temporal change variations of temperature in Xilinguole steppe zone	WANG Haimei, LI Zhenghai, WU Lan, et al (7511)
The growth and photosynthetic responses of <i>Cleyera japonica</i> Thunb. seedlings to UV-B radiation stress	LAN Chunjian, JIANG Hong, HUANG Meiling, et al (7516)
Photosynthesis-transpiration coupling mechanism of wheat and maize during daily variation	ZHAO Fenghua, WANG Qiufeng, WANG Jianlin, et al (7526)
Comparison of the methods using stable hydrogen and oxygen isotope to distinguish the water source of <i>Nitratia Tangutorum</i>	GONG Guoli, CHEN Hui, DUAN Deyu (7533)
Effects of cold weather on seedlings of three mangrove species planted in the Min River estuary during the 2010 winter	YONG Shiquan, TONG Chuan, ZHUANG Chenhui, et al (7542)
Correlation between ecological factors and ginsenosides	XIE Caixiang, SUO Fengmei, JIA Guanglin, et al (7551)
Effects of pyrene on low molecule weight organic compounds in the root exudates of ryegrass (<i>Lolium perenne</i> L.)	XIE Xiaomei, LIAO Min, YANG Jing (7564)
Isolation of phosphate solubilizing fungus (<i>Aspergillus niger</i>) from <i>Caragana</i> rhizosphere and its potential for phosphate solubili- zation	ZHANG Lizhen, FAN Jingjing, NIU Wei, et al (7571)
Effect of raindrop impact on nutrient losses under different near -surface soil hydraulic conditions on black soil slope	AN Juan, ZHENG Fenli, LI Guifang, et al (7579)
Emergy analysis of coal-fired power generation system and construction of new emergy indices	LOU Bo, XU Yi, LIN Zhenguan (7591)
Review and Monograph	
The impact of forest vegetation change on water yield in the subalpine region of southwestern China	ZHANG Yuandong, LIU Shirong, et al (7601)
Reviews on spatial pattern and sand-binding effect of patch vegetation in arid desert area	HU Guanglu, ZHAO Wenzhi, WANG Gang (7609)
Sustainable management on pests by agro-biodiversity	GAO Dong, HE Xiahong, ZHU Shusheng (7617)
Scientific Note	
Characteristics of organic carbon and nutrient content in five soil types in Honghu wetland ecosystems	LIU Gang, SHEN Shouyun, YAN Wende, et al (7625)
Effects of cypermethrin and deltamethrin on reproduction of <i>Brachionus calyciflorus</i>	HUANG Lin, LIU Changli, WEI Chuanbao, et al (7632)

《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 31 卷 第 24 期 (2011 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 24 2011

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: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 70.00 元