

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第13期 Vol.32 No.13 **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



生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

中国科学院科学出版基金资助出版

第 32 卷 第 13 期 2012 年 7 月 (半月刊)

目 次

砂质潮间带自由生活海洋线虫对缺氧的响应——微型受控生态系研究.....	华 尔, 李 佳, 董 洁, 等 (3975)
植物种群自疏过程中构件生物量与密度的关系	黎 磊, 周道玮, 盛连喜 (3987)
基于景观感知敏感度的生态旅游地观光线路自动选址.....	李继峰, 李仁杰 (3998)
基于能值的沼气农业生态系统可持续发展水平综合评价——以恭城县为例.....	杨 谨, 陈 彬, 刘耕源 (4007)
内蒙古荒漠草原植被盖度的空间异质性动态分析.....	颜 亮, 周广胜, 张 峰, 等 (4017)
典型草地的土壤保持价值流量过程比较.....	裴 厦, 谢高地, 李士美, 等 (4025)
长沙市区马尾松人工林生态系统碳储量及其空间分布.....	巫 涛, 彭重华, 田大伦, 等 (4034)
厦门市七种药用植物根围 AM 真菌的侵染率和多样性	姜 攀, 王明元 (4043)
Cd、低 Pb/Cd 下冬小麦幼苗根系分泌物酚酸、糖类及与根际土壤微生物活性的关系	贾 夏, 董岁明, 周春娟 (4052)
凉水保护区土壤产类漆酶-多铜氧化酶细菌群落结构	赵 丹, 谷惠琦, 崔岱宗, 等 (4062)
盐渍化土壤根际微生物群落及土壤因子对 AM 真菌的影响.....	卢鑫萍, 杜 茜, 闫永利, 等 (4071)
菌丝室接种解磷细菌 <i>Bacillus megaterium</i> C4 对土壤有机磷矿化和植物吸收的影响.....	张 林, 丁效东, 王 菲, 等 (4079)
闽江河口不同河段芦苇湿地土壤碳氮磷生态化学计量学特征.....	王维奇, 王 纯, 曾从盛, 等 (4087)
高山森林三种细根分解初期微生物生物量动态.....	武志超, 吴福忠, 杨万勤, 等 (4094)
模拟降水对古尔班通古特沙漠生物结皮表观土壤碳通量的影响	吴 林, 苏延桂, 张元明 (4103)
铁皮石斛组培苗移栽驯化过程中叶片光合特性、超微结构及根系活力的变化	濮晓珍, 尹春英, 周晓波, 等 (4114)
不同产量水平旱地冬小麦品种干物质累积和转移的差异分析.....	周 玲, 王朝辉, 李富翠, 等 (4123)
基于作物模型的低温冷害对我国东北三省玉米产量影响评估.....	张建平, 王春乙, 赵艳霞, 等 (4132)
黄土高原 1961—2009 年参考作物蒸散量的时空变异.....	李 志 (4139)
莫莫格湿地芦苇对水盐变化的生理生态响应.....	邓春暖, 章光新, 李红艳, 等 (4146)
不同蚯蚓采样方法对比研究.....	范如芹, 张晓平, 梁爱珍, 等 (4154)
亚洲玉米螟成虫寿命与繁殖力的地理差异.....	涂小云, 陈元生, 夏勤雯, 等 (4160)
黑河上游天然草地蝗虫空间异质性与分布格局.....	赵成章, 李丽丽, 王大为, 等 (4166)
苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的抑制作用.....	骆 颖, 凌 冰, 谢杰峰, 等 (4173)
长江口中国花鲈食性分析.....	洪巧巧, 庄 平, 杨 刚, 等 (4181)
基于线粒体控制区序列的黄河上游厚唇裸重唇鱼种群遗传结构.....	苏军虎, 张艳萍, 娄忠玉, 等 (4191)
镉暴露对黑斑蛙精巢 ROS 的诱导及其蛋白质氧化损伤作用机理	曹 慧, 施蔡雷, 贾秀英 (4199)
北方草地牛粪中金龟子的多样性.....	樊三龙, 方 红, 高传部, 等 (4207)
合肥秋冬季茶园天敌对假眼小绿叶蝉和茶蚜的空间跟随关系.....	杨 林, 郭 骅, 毕守东, 等 (4215)
植被、海拔、人为干扰对大中型野生动物分布的影响——以九寨沟自然保护区为例.....	张 跃, 雷开明, 张语克, 等 (4228)
基于社会网络分析法的生态工业园典型案例研究.....	杨丽花, 佟连军 (4236)
基于生命周期的户用沼气系统可用能核算——以广西恭城瑶族自治县为例.....	齐 静, 陈 彬, 戴 婧, 等 (4246)
专论与综述	
水文情势与盐分变化对湿地植被的影响研究综述	章光新 (4254)
松嫩碱化草甸土壤种子库格局、动态研究进展	马红媛, 梁正伟, 吕丙盛, 等 (4261)
一种新的景观扩张指数的定义与实现	武鹏飞, 周德民, 官辉力 (4270)
研究简报	
华山新麦草光合特性对干旱胁迫的响应.....	李 倩, 王 明, 王雯雯, 等 (4278)
美丽海绵提取物防污损作用.....	曹文浩, 严 涛, 刘永宏, 等 (4285)

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 37 * 2012-07



封面图说: 涵养水源——在长白山南坡的峭壁上, 生长在坡面上的森林所涵养的水源还在汨汨地往下流个不停, 深红色的落叶掉在了苔藓上, 这里已经是长白山的深秋了。虽然雨季已经过去了很久, 但是林下厚厚的枯枝落叶层、腐殖质层、苔藓草本层所涵养的水分还在不间断地流淌, 细细的水线在壁下汇成了溪、汇成了河。涵养水源是森林的主要生态功能之一。

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

DOI: 10.5846/stxb201105250691

骆颖, 凌冰, 谢杰锋, 张茂新. 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的抑制作用. 生态学报, 2012, 32(13): 4173-4180.

Lou Y, Ling B, Xie J F, Zhang M X. Inhibition effects of ethyl acetate extracts of *Momordica charantia* leaves on the experimental population of *Spodoptera litura*. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(13): 4173-4180.

苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾 实验种群的抑制作用

骆 颖, 凌 冰*, 谢杰锋, 张茂新

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要:应用生命表方法评价了苦瓜 *Momordica charantia* 叶乙酸乙酯提取物与人工饲料混合饲喂斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 3 龄幼虫后对其实验种群增长的影响, 旨在为探明苦瓜叶提取物的作用方式和作用机理以及田间应用提供科学依据。结果表明, 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫的生长发育有显著的抑制作用。随着处理浓度的增加, 幼虫体重的增长也随着减慢, 发育历期明显延长, 死亡率也随着提高。用提取物浓度为 0.032%、0.04%、0.08% 和 0.16% 的人工饲料饲喂 3 龄幼虫, 2d 后的体重增长抑制率分别为 76.3%、79.9%、97.6% 和 111.2%。0.16% 浓度处理的幼虫化蛹率明显降低, 成虫的羽化率和产卵量也明显下降。苦瓜叶乙酸乙酯提取物能显著降低斜纹夜蛾的种群趋势指数值(I), 与对照相比, 0.032%、0.04%、0.08% 和 0.16% 浓度处理的种群控制指数(IIPC)分别是 0.59、0.56、0.29 和 0.20。说明苦瓜叶乙酸乙酯提取物不仅对斜纹夜蛾的生长发育有明显的抑制作用, 而且对斜纹夜蛾的繁殖及其种群增长也有明显的控制作用。

关键词: 苦瓜; 乙酸乙酯提取物; 斜纹夜蛾; 生命表; 种群控制

Inhibition effects of ethyl acetate extracts of *Momordica charantia* leaves on the experimental population of *Spodoptera litura*

LOU Ying, LING Bing*, XIE Jiefeng, ZHANG Maoxin

Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

Abstract: Bitter gourd, *Momordica charantia* L. belongs to the Cucurbitaceae family and is widely cultivated in China as a vegetable crop. Among cucurbitaceous plants, bitter gourd is rarely attacked by phytophagous insects during the growing period. We aimed at evaluating the biological activity of the ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves on *Spodoptera litura*, and providing scientific basis for the exploration of the anti-insect mode and mechanism and field applications of the ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves against the pest. We fed the 3rd-instar larvae of *S. litura* with artificial diet, which was treated with ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves for three days and then switched to normal artificial diet. The life table and indices control population trend were used to evaluate the control effects of ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves on the experimental population of *S. litura*. The results showed that the ethyl acetate extracts had significant inhibition to the development of the larvae of *S. litura*. The higher the concentration of extracts of *M. charantia* leaves was, the slower of the body weight increased, the longer the larvae developmental duration was and the higher the mortality of the larvae was. After treating with *M. charantia* leaves extracts at 0.032%, 0.04%, 0.08% and 0.16% for two days, the inhibition rates of weight growth were 76.3%, 79.9%, 97.6% and 111.2% respectively. After treating for three days, the inhibition rates of weight growth were 77.96%, 76.42%, 94.92% and 100.85% respectively.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30871646, 30571224); 华南农业大学资源环境学院科技创新资助项目

收稿日期: 2011-05-25; **修订日期:** 2011-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: gzhbling@scau.edu.cn

After six days, the inhibition rates of weight growth were 61.47%、60.68%、80.00% and 84.35% respectively. After eight days, the inhibition rates, which were still very high, were 67.43%、66.75%、81.62% and 86.36% respectively. Larvae duration of each instar of *S. litura* that fed on ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves treated artificial diet were significantly longer than control. The whole larva stage of *S. litura* after treating with *M. charantia* leaves extracts at 0.032%、0.04%、0.08% and 0.16% were prolonged for 1.87 days, 1.96 days, 3.39 days and 4.62 days compared with control. Not only mortality obviously was increased, but also the pupation rate, emergence rate and fecundity were markedly reduced at a high concentration (0.16%), which mortality was increased 81.49%, the pupation rate was reduced 19.47% and emergence rate and fecundity were markedly reduced 53.18% and 50.16% respectively compared with control. Extracts from *M. charantia* leaves could reduce the index of population trend (I) of *S. litura* obviously. Compared with control, interference index of population control (IIPC) of *S. litura* were 0.59, 0.56, 0.29 and 0.20 after treated with 0.032%、0.04%、0.08% and 0.16%. The results indicated that ethyl acetate extracts significantly controlled the population of *S. litura*. Although ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves had little toxic effect on the larvae of *S. litura*, but it had significant inhibition to the growth and development of the larvae, and affected the longevity and fecundity of adults of *S. litura*. Therefore, ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves had a better control effect to the population growth of *S. litura*. With the population trends index (I) and interference index of population control (IIPC) as the evaluation index, which can reflect the integrated control effects of ethyl acetate extracts of *M. charantia* leaves on the pest.

Key Words: *Momordica charantia*; ethyl acetate extracts; *Spodoptera litura*; life table; population control

苦瓜 (*Momordica charantia*) 为葫芦科苦瓜属 1 年生草本植物,在我国南北各地均有栽培,尤以华南及长江流域栽培较多。苦瓜与其他葫芦科作物相比,在其生长发育过程中表现出较强的抗虫性。大量的研究表明,苦瓜叶片提取物对多种害虫有明显的拒食、忌避产卵和抑制生长发育的作用^[1-8],并从中分离得到多种对昆虫有生物活性的苦瓜素类(如 Momordicin I, Momordicin II、 $3\beta, 7\beta, 25$ -三羟葫芦烷-5,23 二烯-19-醛-3-*O*- β -D-吡喃葡萄糖苷和 7,23-二羟-3-*O*-丙二酰葫芦烷-5-24 二烯-19-醛等)化合物^[6-11]。这些化合物是一类葫芦烷型四环三萜类植物次生物质,对昆虫的作用方式主要是拒食、忌避产卵和抑制生长发育,其结构与现有化学杀虫剂不同,是颇具应用前景的新型植物保护剂。以往苦瓜叶片提取物对昆虫的生物活性评价多沿用评价化学农药的办法,这些方法不能全面地反映它们对害虫种群增长的综合效果。为此,庞雄飞等提出应用作用因子生命表方法以及在此基础上以种群控制指数法作为评价植物保护剂的效果^[12]。斜纹夜蛾 [*Spodoptera litura* (Fabricius)] 是一种多食性世界性害虫。近些年,在长江中下游地区特别是华东各省,该虫种群逐年上升,暴发频率逐步加大,已成为蔬菜、棉花等经济作物和一些粮食作物上的一大主要害虫,给农业生产造成了极大的威胁^[13-14]。Yasui 等测定了苦瓜叶甲醇提取物对斜纹夜蛾幼虫的生物活性,结果表明苦瓜叶甲醇提取物对斜纹夜蛾幼虫具有一定的拒食作用^[4]。前期的研究表明,苦瓜叶乙醇提取物对小菜蛾幼虫不仅有拒食作用,而且对其生长发育有明显的抑制作用^[9]。当将苦瓜叶乙醇提取物及其乙酸乙酯萃取物涂抹到甘蓝叶片上饲喂斜纹夜蛾幼虫时,对斜纹夜蛾也表现出拒食和抑制生长发育的作用。为了全面评价苦瓜叶提取物对害虫的生物活性,本研究以斜纹夜蛾为研究对象,利用生命表方法和害虫种群控制指数法研究了苦瓜叶乙酸乙酯提取物不同浓度处理对斜纹夜蛾实验种群增长的影响,旨在为进一步探明苦瓜叶乙酸乙酯提取物对害虫的作用方式和作用机理以及田间应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 供试昆虫

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* (Fabricius) 由华南农业大学资源环境学院昆虫生态研究室在人工气候室内 [$T: (27 \pm 1) ^\circ\text{C}$; RH: 70%—80%; L/D: 14 h/10 h] 用人工饲料饲养的种群。斜纹夜蛾人工饲料参照陈其津^[15]

等的方法配制。

1.1.2 植物材料

苦瓜 (*Momordica charantia*) 种植于华南农业大学资源环境学院试验农场。待苦瓜成熟采收后, 采集苦瓜叶片。

1.1.3 试剂

苦瓜叶片提取物所用的溶剂为工业用 95% 乙醇, 提取物分离纯化和不同浓度提取物配制所用的石油醚、乙酸乙酯和丙酮均为市售的化学纯试剂, 水由 SZ-93 自动双重纯水蒸馏器制备(上海亚荣生化仪器厂)。

1.2 试验方法

1.2.1 苦瓜叶乙酸乙酯提取物的制备

参考凌冰等方法^[9-10]。将田间采集的苦瓜鲜叶晾干, 粉碎。用 90% 的乙醇在多功能提取器(湖南湘衡医疗器械厂生产)中(50 ℃)浸提 24 h 后, 渗出滤液, 再反复浸提 2 次, 每次 24 h, 合并滤液。滤液经旋转蒸发仪减压浓缩, 得乙醇浸提物。乙醇浸提物先用蒸馏水溶解, 然后采用常规的“液-液萃取法”, 先用石油醚萃取 3 次后, 再用乙酸乙酯萃取 5 次。将乙酸乙酯萃取液合并后经旋转蒸发仪减压浓缩, 获得供试的苦瓜叶乙酸乙酯提取物(膏状物)。

1.2.2 苦瓜叶乙酸乙酯提取物混合饲料的配制

用 50% 的丙酮水溶液配置不同浓度的苦瓜叶乙酸乙酯提取物药液。将配制好的尚未凝固的人工饲料分别定量地放入保鲜盒内, 按饲料: 药液等于 5:1 的比例配制含有 0.032%、0.04%、0.08% 和 0.16% 苦瓜叶乙酸乙酯提取物的混合饲料, 以不加苦瓜叶提取物的 50% 的丙酮水溶液作对照。待各浓度的含药混合饲料中的溶剂自然挥发并凝固后, 放入冰箱保存备用。

1.2.3 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫生长发育抑制活性的测定

取 24 h 内产下的斜纹夜蛾卵块, 分别置于垫有滤纸的培养皿内孵化, 统计孵化率。将 12 h 内孵化的幼虫转入垫有保湿滤纸的塑料盒(直径 6 cm, 高 5 cm)内, 每盒接入 20—30 头幼虫, 用人工饲料饲养, 盖严盒盖。盒盖中央剪有一个边长为 3 cm 的方形口并用尼龙纱网封闭。每天更换饲料以供充足的食物, 并换上清洁的饲养盒, 每天定期观察幼虫存活情况。幼虫达 3 龄时, 选择个体大小发育一致的幼虫, 转移到垫有滤纸的培养皿(直径为 9 cm)内, 每个培养皿接入 3 龄幼虫 20 头, 并称重。再分别以不同浓度的苦瓜叶提取物混合饲料饲养。每处理重复 3 次。每隔 24 h 更换饲料和滤纸。用混合饲料饲喂幼虫 3 d 后, 在果冻杯(直径为 3.5 cm, 高为 4 cm)内换上新鲜的人工饲料单头饲养。在处理组每天记录试虫的死亡和龄期情况, 于处理后 2、4、6 d 和 8 d 分别称量各处理活虫的体重。当处理组试虫体重与对照组试虫体重差异达显著水平时, 按公式(1)计算幼虫体重增长抑制率:

$$\text{体重增长抑制率}(\%) = \frac{\text{对照组体重增加量} - \text{处理组体重增加量}}{\text{对照组体重增加量}} \times 100 \quad (1)$$

1.2.4 斜纹夜蛾产卵量的测定

将进入预蛹期的试虫按不同处理分别放入垫有细沙土的塑料盒内让其化蛹。待蛹羽化后, 各处理的成虫分别雌雄配对, 放入用 A4 纸制作的产卵装置中, 喂以 10% 的蜜糖水作为补充营养, 记录每头雌虫的产卵量。

1.2.5 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群控制作用的评价方法

采用生命表方法和干扰作用控制指数进行评价^[12, 16]。以各虫态存活率及生殖力等数据组建各浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物混合饲料饲养的斜纹夜蛾实验种群生命表, 并按公式(2)计算出各浓度处理组与对照组斜纹夜蛾的种群趋势指数(I), 以处理组和对照组之比为干扰作用控制指数($IIPC$):

$$I = N_1 / N_0 = S_E S_S S_3 S_4 S_5 S_6 S_P P_{\varphi} F P_F \quad (2)$$

式中, N_1, N_0 表示当代及次代起始虫数; S_E 表示卵存活率; S_S, S_3, S_4, S_5, S_6 表示 2 龄前、3 龄、4 龄、5 龄、6 龄幼虫的存活率; S_P 表示蛹存活率; P_{φ} 表示雌虫概率; F 表示设定的标准卵量; P_F 表示达标准卵量的概率。

1.3 数据分析方法

本文中,生物活性测定的平均数据均以“平均数 $\pm$ 标准误”表示,方差分析采用邓肯氏新复极差检验法(Duncan's multiple ranger test, DMRT)。数据分析采用 SAS system 9.0 版软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾生长发育及存活率的影响

2.1.1 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫生长发育的影响

用苦瓜叶乙酸乙酯提取物浓度为 0.032%、0.04%、0.08%、0.16% 的混药饲料饲喂斜纹夜蛾 3 龄幼虫后,分别于第 2、4、6、8 天对不同处理试虫称重,测定结果见图 1。从图 1 可以看出,苦瓜叶乙酸乙酯提取物 4 个浓度处理对斜纹夜蛾幼虫的生长发育有明显的抑制作用,各浓度处理的试虫体重和体重增加量均明显低于对照。在用混药饲料饲喂斜纹夜蛾幼虫 2 d 和 3 d,其体重增长的最慢,在 0.16% 浓度处理中,试虫体重不但没有增加,反而比处理前的体重还低。通过计算得出,随着苦瓜叶乙酸乙酯提取物在饲料中浓度的增加,其体重增长抑制率也随着增加,表现出明显的浓度效应。在 0.032% 和 0.04% 浓度处理中,2 d 后的体重增长抑制率分别为 76.3% 和 79.9%,3 d 后分别为 77.9% 和 76.4%。在 0.08% 浓度处理中,2 d 和 3 d 后的体重增长抑制率分别达到 97.6% 和 94.9%。在 0.16% 的高浓度处理中,2 d 和 3 d 后的体重增长抑制率分别达到 111.2% 和 100.9%。这些结果表明,苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫的生长发育有明显的抑制作用,在较高浓度下有明显的抑制取食作用。停止喂药以后,各处理试虫的体重虽有明显增加,但与对照相比,差异仍达显著水平。

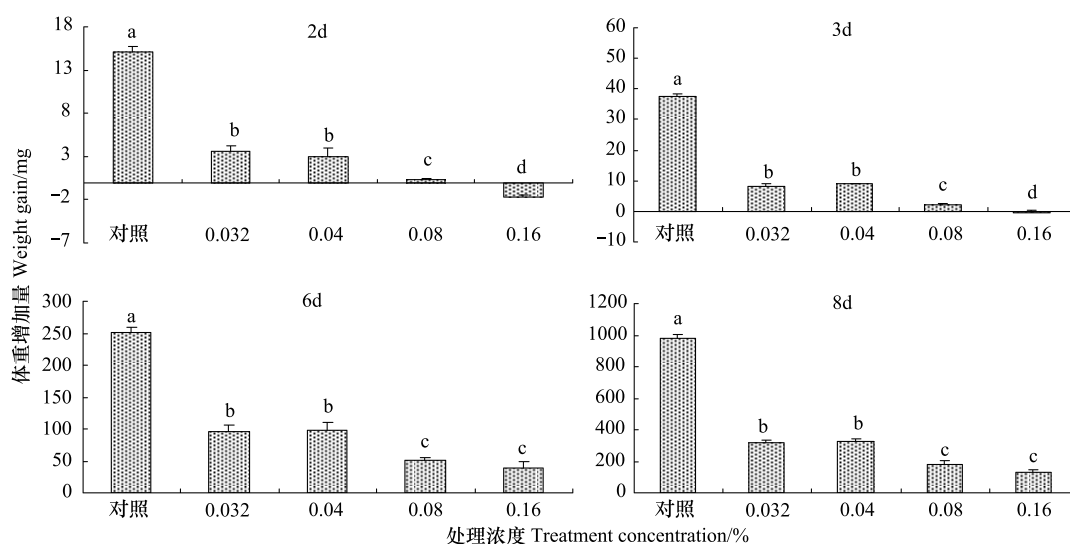


图 1 不同浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫体重增长的影响

Fig. 1 Effects of different concentrations ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves on the weight gain of *S. litura*

图中相同字母者表示经 Duncan 氏新复极差测验,其在 0.05 水平上差异不显著

2.1.2 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫发育历期的影响

根据不同浓度混合饲料饲养条件下、不同观察时间各处理出现各龄幼虫的频数分布,计算出在含有苦瓜叶乙酸乙酯提取物不同浓度饲料饲养 3 d 的情况下斜纹夜蛾各龄幼虫的平均历期。从表 1 可以看出,苦瓜叶乙酸乙酯提取物各浓度处理组斜纹夜蛾幼虫 3—6 龄期的历期比对照组均明显延长,且随着处理浓度的增加其历期就越长,尤其是 0.08% 和 0.16% 处理,对 3—4 龄幼虫历期的影响最为显著。各浓度处理组 5—6 龄幼虫的历期也比对照明显延长,但各浓度处理间差异不显著。不仅如此,各浓度处理组羽化后的成虫寿命也比对照明显缩短。

表 1 不同浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾 3—6 龄幼虫发育历期的影响

Tabal 1 Effects of different concentrations ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves on the development duration of *S. litura* 3—6 instar larvae

处理浓度/% Treatment concentration	幼虫历期 Larvae duration/d					成虫寿命 Life time of adult stage/d
	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	5 龄 5th instar	6 龄 6th instar	3—6 龄 3rd—6th instar	
对照 Ck	1.25±0.05 a	2.28±0.08 a	2.75±0.05 a	4.04±0.06 a	10.22±0.08 a	10.29±1.05 b
0.032	1.68±0.03 b	2.78±0.03 b	3.32±0.33 b	4.25±0.06 b	12.09±0.28 b	8.83±0.56 a
0.04	1.75±0.05 b	2.82±0.03 b	3.42±0.13 b	4.20±0.03 b	12.18±0.14 b	8.86±0.72 a
0.08	2.49±0.07 c	3.09±0.04 c	3.73±0.06 b	4.27±0.06 b	13.61±0.06 c	8.73±0.41 a
0.16	3.01±0.03 d	3.78±0.03 d	3.77±0.06 b	4.28±0.08 b	14.84±0.10 d	8.60±0.61 a

表中同列数据后字母相同者表示经 DMRT 检验在 $P=0.05$ 水平上差异不显著

2.1.3 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫存活、化蛹和成虫羽化的影响

苦瓜叶乙酸乙酯提取物混合饲料饲喂斜纹夜蛾幼虫后不仅抑制了其体重的增长及发育进度,而且在 0.08% 和 0.16% 浓度时对 3—6 龄幼虫的存活率也有明显的影响(表 2)。从表 2 可以看出,用含有 0.08% 和 0.16% 的苦瓜叶乙酸乙酯提取物的饲料饲喂斜纹夜蛾幼虫后,对其化蛹及成虫羽化也有明显的抑制作用,但各浓度处理对蛹体重的影响差异不显著。试验中还可观察到,处理组中的有些幼虫虽然能够正常化蛹,但却不能正常羽化,出现畸形的半蛹半成虫现象。

表 2 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫存活率、化蛹率及羽化率的影响

Table 2 Influence of ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves on larvae survive rate, pupation rate and emergence rate of *S. litura*

处理浓度 Treatment concentration/%	3—6 龄幼虫期存活率 Larvae survival rate /%	化蛹率 Pupation rate /%	平均蛹重 Average pupal weight /(g/个)	羽化率 Emergence rate /%
对照	91.67±5.77 a	85.55±2.33 a	0.4387±0.01 a	78.33±2.89 a
0.032	80.00±2.89 a	85.14±9.49 a	0.4500±0.02 a	66.67±7.64 ab
0.04	80.00±5.00 a	80.66±9.05 ab	0.4684±0.05 a	65.00±5.0 ab
0.08	53.33±16.07 b	77.43±12.88 ab	0.4308±0.02 a	43.33±14.43 b
0.16	55.00±8.66 b	68.89±9.55 b	0.4591±0.01 a	36.67±12.58 b

表中同列数据后字母相同者表示经 DMRT 检验在 5% 水平上差异不显著

2.2 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾成虫产卵量的影响

用含有苦瓜叶乙酸乙酯提取物的饲料饲喂斜纹夜蛾 3 龄幼虫后,对其成虫的生殖力也有明显的影响(图 2)。从图 2 可以看出,不同浓度的苦瓜叶乙酸乙酯提取物使斜纹夜蛾雌虫的平均产卵量都少于对照,其中 0.032%、0.04% 和 0.08% 浓度处理的斜纹夜蛾雌虫的平均产卵量比对照减少了 20.4%—24.1%,而 0.16% 浓度处理组的产卵量显著降低,比对照减少了 50.16%。这表明,用苦瓜叶乙酸乙酯提取物饲喂斜纹夜蛾 3 龄幼虫后可明显影响其雌成虫的生殖力。

2.3 苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾试验种群控制作用评价

根据室内不同浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物饲养斜纹夜蛾所得数据,以斜纹夜蛾种群各虫态的存活率组建了斜纹夜蛾实验种群生命表,并利用干扰作用控制指数评价苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的控

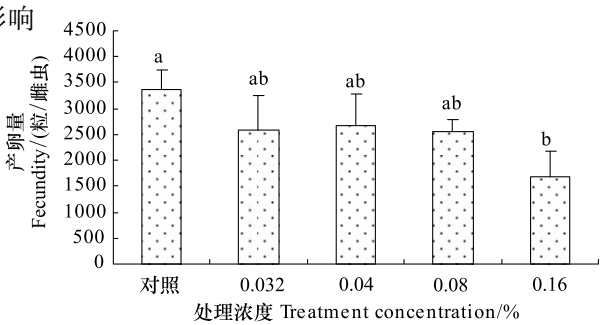


图 2 不同浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾雌成虫繁殖力的影响

Fig. 2 Influence of ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves on fecundity of female adults of *S. litura*

图中相同字母者表示经 Duncan 氏新复极差测验,其在 0.05 水平上差异不显著

制作用,结果见表3。从表3可见,苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾实验种群的增长有很强的控制作用。不同浓度苦瓜叶乙酸乙酯提取物处理均可以压低斜纹夜蛾种群数量。在所设置的使用浓度范围内,随浓度的不断提高,其控制作用愈来愈强,尤其是0.08%和0.16%处理的控制作用最明显,可使斜纹夜蛾种群数量比对照降低79%—80%。在较高浓度(0.16%)时,苦瓜叶乙酸乙酯提取物不仅仅对幼虫有一定的毒杀作用,而且对蛹的存活率和成虫的繁殖力也有明显的抑制作用。

表3 苦瓜叶乙酸乙酯提取物处理下斜纹夜蛾实验种群生命表
Table 3 The life table of experimental population of *S. litura* infected by ethyl acetate extracts from *M. charantia* leaves

虫期 Stage and instar		存活率 Survival at each stage				
		0.032%	0.04%	0.08%	0.16%	Ck
卵 Egg		0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
1—2 龄 1st and 2nd instar		0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
3 龄 3rd instar		1	0.98	0.87	0.72	1
4 龄 4th instar		1	0.97	0.90	0.95	1
5 龄 5th instar		0.95	0.98	0.80	0.90	1
6 龄 6th instar		0.84	0.86	0.84	0.89	0.91
蛹 Pupa		1 A	1 A	0.93 AB	0.87 B	1 A
成虫 Adults	雌性概率 Proportion of female adults	0.55	0.50	0.47	0.52	0.60
	标准卵量(<i>F</i>) Egg laying amount	3860	3860	3860	3860	3860
	达到标准卵量的比率(<i>P_F</i>) Proportion of <i>F</i> that can be achieved by the females	0.64 B	0.68 B	0.63 B	0.42 C	0.87 A
	种群趋势指数(<i>I</i>) Index of population trend	617.59 B	592.73 B	311.16 C	225.70 C	1049.20 A
	干扰作用控制指数(<i>IIPC</i>) Interference index of population control	0.59	0.56	0.29	0.20	—

① 表中数据为3次重复平均值;② 标准卵量(*F*)是试验中观察到的单头雌虫最大的产卵量,为3860粒/雌虫;③ 表中同行数据后字母相同者表示经DMRT检验在1%水平上差异不显著

3 结论与讨论

本研究结果表明,苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫的生长发育有明显的抑制作用,表现为处理浓度越高,幼虫体重增长越慢,发育历期越长,死亡率越高。斜纹夜蛾幼虫体重增长及发育历期的明显被抑制可能是苦瓜叶乙酸乙酯提取物引起拒食作用的结果。用浓度为0.04%—0.16%的苦瓜叶乙酸乙酯提取物饲喂斜纹夜蛾幼虫不仅对其生长发育有明显抑制作用,而且对其羽化率、成虫的寿命以及雌成虫的产卵量也有明显的抑制作用。使雌成虫达到标准卵量的比率明显降低。关于苦瓜叶乙酸乙酯提取物对昆虫繁殖的影响未见报道。苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾种群的控制作用是十分显著的,尽管苦瓜叶乙酸乙酯提取物对斜纹夜蛾幼虫的毒杀作用较小,但由于其对幼虫生长发育显著的抑制作用以及对成虫寿命和繁殖力的影响,因而对斜纹夜蛾的种群增长具有较好的控制效果。用种群趋势指数(*I*)和种群控制指数(*IIPC*)为评价指标,能较全面地反映出苦瓜叶乙酸乙酯提取物对害虫的全部效果。

近年来的研究表明,苦瓜叶乙酸乙酯提取物中的主要活性成分为葫芦烷型四环三萜类植物次生物质,如已分离鉴定的有 Momordicin I、Momordicin II、(19*S*,23*E*)-5β,19-环氧-19-甲氧葫芦素-6,23-二烯-3β,25-二醇、(19*R*,23*E*)-5β,19-环氧-19-甲氧葫芦素-6,23-二烯-3β,25-二醇、和 3β,7β,25-三羟基葫芦素-5,23-二烯-19-醛缩-3-*O*-β-*D*-吡喃葡萄糖苷等,这些化合物对小菜蛾幼虫均具有明显的拒食作用和抑制生长发育的作用^[9-11]。Momordicin II 与人工饲料混合后对斜纹夜蛾和黏虫幼虫也有明显的拒食作用^[4]。苦瓜叶片中的葫芦烷型四环三萜类化合物与葫芦素的结构相似^[17],葫芦素对昆虫的作用机制可能是它直接干预了昆虫蜕皮

激素的生物合成。Dinan 等首次证明葫芦素蜕皮甾醇接受器的拮抗剂活性。葫芦素 B 和 D 能够取代含有类固醇(蜕皮信息素)受体的 B₁₁ 永久细胞上的 25-脱氧-20-羟基蜕皮激素^[18]。葫芦素 F 和 3-β-异葫芦素 D 对果蝇 *Drosophila melanogaster* 的蜕皮甾醇接受器也具有明显的拮抗剂活性^[19]。昆虫幼虫变态的发生和形成性成熟的成虫等一系列发育过程中,包括结构的再建和新功能的产生,主要是由甾醇类激素蜕皮甾酮及其活性代谢物 20-羟基蜕皮酮和半萜类保幼激素协调控制的^[20-23]。苦瓜叶乙酸乙酯提取物中控制斜纹夜蛾种群的活性成分及其抑制斜纹夜蛾成虫繁殖的作用机制有待进一步研究。

References:

- [1] Wang F L, Zhang Y F, Ma Z C. The extract and use of active ingredient of *Momordica charantia*. Chemical World, 2008, 49(6): 382-384.
- [2] Chandravada M V, Pai A B. Triterpenoid feeding deterrent of *Raphidopalpa foveicollis* L. (red pumpkin beetles) from *Momordica charantia* L. Current Science, 1983, 52(2): 87-88.
- [3] Chen H, Liu Y H, Deng X P, Zhao Z M. Effects of the extracts of balsam pear leaves on feeding, growth and survival of larvae of *Bombyx mori* and *Pieris rapae*. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 1996, 9(3): 68-71.
- [4] Yasui H, Kato A, Yazawa M. Antifeedants to armyworms, *Spodoptera litura* and *Pseudaletia separata*, from bitter ground leaves *Momordica charantia*. Journal of Chemical Ecology, 1998, 24(5): 803-813.
- [5] Abe M, Matsuda K. Feeding deterrents from *Momordica charantia* leaves to cucurbitaceous feeding beetle species. Applied Entomology and Zoology, 2000, 35(1): 143-149.
- [6] Li S Q, Deng W X, Zhang Q D. The killing action and growth influence of *Momordica charantia* extracts on *Liriomyza sativae*. Journal of Huazhong Agricultural University, 2001, 20(6): 539-543.
- [7] Mekuria D B, Kashiwagi T, Tebayashi S I, Kim C S. Cucurbitane triterpenoid oviposition deterrent from *Momordica charantia* to the leafminer, *Liriomyza trifolii*. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 2005, 69(9): 1706-1710.
- [8] Mekuria D B, Kashiwagi T, Tebayashi S, Kim C S. Cucurbitane glucosides from *Momordica charantia* leaves as oviposition deterrents to the leafminer, *Liriomyza trifolii*. Zeitschrift fur Naturforschung Teil C Biochemie Biophysik Biologie Virologie, 2006, 61(1/2): 81-86.
- [9] Ling B, Wang G C, Ya J, Zhang M X, Liang G W. Studies on antifeeding activity and active Ingredients against *Plutella xylostella* from *Momordica charantia* Leaves. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(10): 3116-3122.
- [10] Xiang Y L, Ling B, Wang G C, Luo J F, Zhang M X. Antifeeding activity of cucurbitane triterpenoid from *Momordica charantia* leaves to *Plutella xylostella*. Journal of South China Agricultural University, 2009, 30(3): 13-17.
- [11] Ling B, Xiang Y L, Wang G C, Cheng S H, Zhang M X. Antifeedant and antioviposition activities of *Momordica charantia* leaf ethanol extract against *Liriomyza sativae*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(4): 836-842.
- [12] Pang X F, Zhang M X, Hou Y M, Jiao Y, Cen Y J. Evaluation of plant protectants against pest insects. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(2): 108-110.
- [13] Zhu S D, Lu Z Q, Chen L F, Yu W, Zhang S J. Effect of temperature and food on *Spodoptera litura* population. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(1): 111-114.
- [14] Gao C X, Bei Y W, Chen T H, Gu X H. On factors causing outbreak of *Spodoptera litura*(Fabricius). Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2004, 16(5): 332-335.
- [15] Chen Q J, Li G H, Pang Y. A simple artificial diet for mass rearing of some noctuid species. Entomological Knowledge, 2000, 37(6): 325-327.
- [16] Pang X F, Liang G W. System Control of Pest Population. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1995.
- [17] Ling B, Zhang M X, Wang Y Z. Ecological function and prospects for utilization of cucurbitacins. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(3): 780-793.
- [18] Dinan L, Whiting P, Girault J P, Lafont R, Dhadialla T S, Cress D E, Mugat B, Antoniewski C, Lepesant J A. Cucurbitacins are insect steroid hormone antagonists acting at the ecdysteroid receptor. Biochemical Journal, 1997, 327(3): 643-650.
- [19] Sarker S D, Whiting P, Šik V, Dinan L. Ecdysteroid antagonists (cucurbitacins) from *Physocarpus opulifolius* (rosaceae). Phytochemistry, 1999, 50(7): 1123-1128.
- [20] Schwartz M B, Kelly T J, Imberski R B, Rubenstein E C. The effects of nutrition and methoprene treatment on ovarian ecdysteroid synthesis in *Drosophila melanogaster*. Journal of Insect Physiology, 1985, 31(12): 947-957.
- [21] Halaweish F T, Tallamy D W, Santana E. Cucurbitacins: a role in cucumber beetle steroid nutrition?. Journal Chemical Ecology, 1999, 25(10): 2373-2383.
- [22] Dong Y, Dinan L, Friedrich M. The effect of manipulating ecdysteroid signaling on embryonic eye development in the locust *Schistocerca*

americana. Development, Genes and Evolution, 2003, 213(12): 587-600.

[23] Wang Y C. Biochemistry of Insect. Beijing: China Agriculture Press, 2001:403-420.

参考文献:

- [1] 王丰玲,张英锋,马子川. 苦瓜活性成分的提取和用途. 化学世界, 2008,49(6): 382-384.
- [3] 陈宏,刘映红,邓新平,赵志模. 苦瓜叶片提取液对家蚕和菜青虫取食,生长和存活的影响. 西南农业学报, 1996, 9(3): 68-71.
- [6] 李绍勤,邓望喜,张求东. 苦瓜叶片提取液对美洲斑潜蝇杀虫作用与生长发育的影响. 华中农业大学学报, 2001, 20(6): 539-543
- [9] 凌冰,王国才,轧霁,张茂新,梁广文. 苦瓜叶提取物对小菜蛾的拒食活性及有效成分研究. 中国农业科学, 2008, 41(10): 3116-3122.
- [10] 向亚林,凌冰,王国才,罗集丰,张茂新. 苦瓜茎叶中葫芦烷三萜化合物对小菜蛾幼虫的拒食作用. 华南农业大学学报, 2009, 30(3): 13-17.
- [11] 凌冰,向亚林,王国才,陈少华,张茂新. 苦瓜叶提取物对美洲斑潜蝇取食和产卵行为的抑制作用. 应用生态学报, 2009, 20(4): 836-842.
- [12] 庞雄飞,张茂新,侯有明,焦懿,岑依静. 植物保护剂防治害虫效果的评价方法. 应用生态学报, 2000, 11(1): 108-110.
- [13] 祝树德,陆自强,陈丽芳,郁伟,张绍军. 温度和食料对斜纹夜蛾种群的影响. 应用生态学报, 2000, 11(1): 111-114.
- [14] 高春先,贝亚维,陈庭华,顾秀慧. 斜纹夜蛾成灾因子分析. 浙江农业学报, 2004, 16(5): 332-335.
- [15] 陈其津,李广宏,庞义. 饲养五种夜蛾科昆虫的一种简易人工饲料. 昆虫知识, 2000, 37(6): 325-327.
- [16] 庞雄飞,梁广文. 害虫种群系统的控制. 广州:广东科技出版社, 1995.
- [17] 凌冰,张茂新,王玉赞. 葫芦素的生态功能及其应用前景. 生态学报, 2010, 30(3): 780-793.
- [23] 王荫长. 昆虫生物化学. 北京: 中国农业出版社, 2001: 403-420.

CONTENTS

Responses of sandy beach nematodes to oxygen deficiency: microcosm experiments	HUA Er, LI Jia, DONG Jie, et al (3975)
Allometric relationship between mean component biomass and density during the course of self-thinning for <i>Fagopyrum esculentum</i> populations	LI Lei, ZHOU Daowei, SHENG Lianxi (3987)
Automatic site selection of sight-seeing route in ecotourism destinations based on landscape perception sensitivity	LI Jifeng, LI Renjie (3998)
Emergy evaluation for sustainability of Biogas-linked agriculture ecosystem: a case study of Gongcheng county	YANG Jin, CHEN Bin, LIU Gengyuan (4007)
Spatial heterogeneity of vegetation coverage and its temporal dynamics in desert steppe, Inner Mongolia	YAN Liang, ZHOU Guangsheng, ZHANG Feng, et al (4017)
Soil conservation value flow processes of two typical grasslands	PEI Sha, XIE Gadi, LI Shimei, et al (4025)
Spatial distribution of carbon storage in a 13-year-old <i>Pinus massoniana</i> forest ecosystem in Changsha City, China	WU Tao, PENG Chonghua, TIAN Dalun, et al (4034)
Colonization rate and diversity of AM fungi in the rhizosphere of seven medicinal plants in Xiamen	JIANG Pan, WANG Mingyuan (4043)
Effects of Cd, Low Concentration Pb/Cd on the contents of phenolic acid and simple glucides exuding from winter wheat seedlings root and the relationship between them and rhizosphere soil microbial activity	JIA Xia, DONG Suiming, ZHOU Chunjuan (4052)
The community structure of laccase-like multicopper oxidase-producing bacteria in soil of Liangshui Nature Reserve	ZHAO Dan, GU Huiqi, CUI Daizong, et al (4062)
Effects of soil rhizosphere microbial community and soil factors on arbuscular mycorrhizal fungi in different salinized soils	LU Xinping, DU Qian, YAN Yongli, et al (4071)
The effects of inoculation with phosphate solubilizing bacteria <i>Bacillus megaterium</i> C4 in the AM fungal hyphosphere on soil organic phosphorus mineralization and plant uptake	ZHANG Lin, DING Xiaodong, WANG Fei, et al (4079)
Soil carbon, nitrogen and phosphorus ecological stoichiometry of <i>Phragmites australis</i> wetlands in different reaches in Minjiang River estuary	WANG Weiqi, WANG Chun, ZENG Congsheng, et al (4087)
Dynamics of soil microbial biomass during early fine roots decomposition of three species in alpine region	WU Zhichao, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4094)
Effects of simulated precipitation on apparent carbon flux of biologically crusted soils in the Gurbantunggut Desert in Xinjiang, Northwestern China	WU Lin, SU Yangui, ZHANG Yuanming (4103)
Changes in photosynthetic properties, ultrastructure and root vigor of <i>Dendrobium candidum</i> tissue culture seedlings during transplantation	PU Xiaozhen, YIN Chunying, ZHOU Xiaobo, et al (4114)
Analysis of dry matter accumulation and translocation for winter wheat cultivars with different yields on dryland	ZHOU Ling, WANG Zhaohui, LI Fucui, et al (4123)
Impact evaluation of low temperature to yields of maize in Northeast China based on crop growth model	ZHANG Jianping, WANG Chunyi, ZHAO Yanxia, et al (4132)
Spatiotemporal variations in the reference crop evapotranspiration on the Loess Plateau during 1961—2009	LI Zhi (4139)
Eco-physiological responses of <i>Phragmites australis</i> to different water-salt conditions in Momoge Wetland	DENG Chunnuan, ZHANG Guangxin, LI Hongyan, et al (4146)
Comparative study of different earthworm sampling methods	FAN Ruqin, ZHANG Xiaoping, LIANG Aizhen, et al (4154)
Geographic variation in longevity and fecundity of the Asian corn borer, <i>Ostrinia furnacalis</i> Guenée (Lepidoptera: Crambidae)	TU Xiaoyun, CHEN Yuansheng, XIA Qinwen, et al (4160)
Analysis on grasshopper spatial heterogeneity and pattern of natural grass in upper reaches of Heihe	ZHAO Chengzhang, LI Lili, WANG Dawei, et al (4166)
Inhibition effects of ethyl acetate extracts of <i>Momordica charantia</i> leaves on the experimental population of <i>Spodoptera litura</i>	LOU Ying, LING Bing, XIE Jiefeng, et al (4173)
Feeding habits of <i>Lateolabrax maculatus</i> in Yangtze River estuary	HONG Qiaoqiao, ZHUANG Ping, YANG Gang, et al (4181)
Genetic structure of <i>Gymnodontichus pachycheilus</i> from the upper reaches of the Yellow River as inferred from mtDNA control region	SU Junhu, ZHANG Yanping, LOU Zhongyu, et al (4191)
Toxicity mechanism of Cadmium-induced reactive oxygen species and protein oxidation in testes of the frog <i>Rana nigromaculata</i>	CAO Hui, SHI Cailei, JIA Xiuying (4199)
The diversity of scarab beetles in grassland cattle dung from North China	FAN Sanlong, FANG Hong, GAO Chuanbu, et al (4207)
Spatial relationships among <i>Empoasca vitis</i> (Gothé) and <i>Toxoptera aurantii</i> (Boyer) and natural enemies in tea gardens of autumn-winter season in Hefei suburban	YANG Lin, GUO Hua, BI Shoudong, et al (4215)
Effects of vegetation, elevation and human disturbance on the distribution of large- and medium-sized wildlife: a case study in Jiuzhaigou Nature Reserve	ZHANG Yue, LEI Kaiming, ZHANG Yuke, et al (4228)
Research of typical EIPs based on the social network analysis	YANG Lihua, TONG Lianjun (4236)
Exergy-based life cycle accounting of household biogas system: a case study of Gongcheng, Guangxi	QI Jing, CHEN Bin, DAI Jing, et al (4246)
Review and Monograph	
The effects of changes in hydrological regimes and salinity on wetland vegetation: a review	ZHANG Guangxin (4254)
Advances in research on the seed bank of a saline-alkali meadow in the Songnen Plain	MA Hongyuan, LIANG Zhengwei, LÜ Bingsheng, et al (4261)
A new landscape expansion index: definition and quantification	WU Pengfei, ZHOU Demin, GONG Huili (4270)
Scientific Note	
Response of photosynthetic characteristics of <i>Psathyrostachys huashanica</i> Keng to drought stress	LI Qian, WANG Ming, WANG Wenwen, et al (4278)
The antifouling activities of <i>Callyspongia</i> sponge extracts	CAO Wenhao, YAN Tao, LIU Yonghong, et al (4285)

《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 13 期 (2012 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 13 (July, 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:100071	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