

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

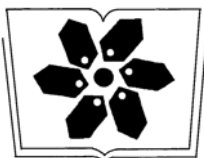
Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 **2014**

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 34 卷 第 7 期

2014 年 4 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 何奕忻, 吴 宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐, 黄 翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 李 宁, 王 征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 刘 璐, 闫 浩, 李 诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 犹昌艳, 杨 宇, 胡 飞, 等 (1716)

种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 林 柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 李 凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 蒋 敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 周 宏, 张恒嘉, 莫 非, 等 (1757)

景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 林炳青, 陈兴伟, 陈 莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 徐维新, 辛元春, 张 娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 王 超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 王博雯, 汤祥明, 高 光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 吴 浩, 李 岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 靳 翔, 徐 庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例.....

..... 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

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/stxb201308152090

犹昌艳, 杨宇, 胡飞, 陈建军, 唐湘如. 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响. 生态学报, 2014, 34(7): 1716-1724.

You C Y, Yang Y, Hu F, Chen J J, Tang X R. Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli*. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1716-1724.

五爪金龙中香豆素类物质含量及其 对福寿螺、水稻和稗草的影响

犹昌艳¹, 杨宇¹, 胡飞^{1,*}, 陈建军², 唐湘如¹

(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 广东省农业厅, 广州 510500)

摘要: 在不同季节采集并测定了入侵植物五爪金龙不同器官中伞形花内酯(Umbelliferone (UMB)) 和东莨菪亭内酯(Scopoletin (SCO)) 的含量, 同时室内分析了这两种物质的杀螺效果及其对水稻和稗草生长的影响, 并研究了这两种物质在土壤中的降解情况。结果表明: 五爪金龙植株中 SCO 含量高于 UMB 含量, 两物质均是夏季含量最高, 春季次之, 秋冬季低, SCO 夏季在茎中含量最大, 秋冬季幼茎和幼叶中含量较高; UMB 对福寿螺的毒杀力强于 SCO, UMB 浓度为 C2(200 $\mu\text{g/mL}$) 时处理 24 h 对福寿螺的致死率达 100%, 而 SCO 浓度为 C2 时处理 24 h 对福寿螺的致死率仅为 8%; SCO 对水稻和稗草苗生长的影响较 UMB 强, 在 C0(50 $\mu\text{g/mL}$), C1(100 $\mu\text{g/mL}$), C2 浓度下均促进水稻及稗草苗的生长, 而 C3(400 $\mu\text{g/mL}$) 浓度下则抑制水稻和稗草苗的生长。UMB 和 SCO 混合溶液比单一物质在相同浓度的杀螺效果及对水稻和稗草的生长影响要强; UMB 和 SCO 在土壤中 10 d 内完全降解。入侵植物五爪金龙中的次生物质 UMB 和 SCO 在稻田中的生态效应值得进一步研究。

关键词: 五爪金龙; 福寿螺; 伞形花内酯; 东莨菪亭内酯; 水稻; 稗草

Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli*

YOU Changyan¹, YANG Yu¹, HU Fei^{1,*}, CHEN Jianjun², TANG Xiangru¹

¹ College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China

² Agricultural Department of Guangdong Province, Guangzhou 510500, China

Abstract: *Ipomoea cairica* and *Pomacea canaliculata* are invasive species that are very harmful to natural and artificial ecosystems and rice production in Southern China. *Ipomoea cairica*, a perennial herbaceous liana, is a highly invasive climbing plant. *Pomacea canaliculata* is a common freshwater snail that is especially abundant in water irrigation systems of paddy fields and in local wetlands. This snail feeds on the young stems and leaves of paddy, causing extensive damage. Therefore, it threatens the integrity of the rice bowl and the security of farmers and workers that rely on rice as their main staple food and source of income. Because of its extensive reproductive capacity and the substantial damage it causes to rice fields, *P. canaliculata* is classified as one of the 100 worst invasive pest species worldwide. Many methods have been developed and used to control *P. canaliculata*, the most common of which are chemical control methods. However, because of the long-term use of chemical molluscicides in some areas, snails have developed resistance to these chemicals. Therefore, new methods of biological control should be explored to control this pest. The aim of the present study was to investigate the toxic effects of substances produced by *I. cairica* on this pest, and on its host crops. The ethanol extract from *I. cairica* showed toxic effects against *P. canaliculata*. Previous studies have shown that coumarins are substances that are

基金项目: 广东省农业厅标准化项目(粤农函[2008]32号)

收稿日期: 2013-08-15; 修订日期: 2013-11-25

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

toxic to schistosome host snails. The aerial parts of *I. cairica* contain the coumarins umbelliferone (UMB) and scopoletin (SCO). Previous studies have shown that UMB has toxic effects against the fifth instar larva of *Pieris rapae* Linne, and that SCO functions as a neurotoxin. We evaluated the UMB and SCO contents in different organs of *I. cairica* and in samples of *I. cairica* collected in different seasons by HPLC analysis. The highest concentrations of both UMB and SCO in *I. cairica* were in samples collected in summer, followed by those collected in spring, autumn, and winter. In each season, the concentration of SCO was higher than that of UMB. In summer, there were higher SCO concentrations in stems, but in autumn and winter, SCO was distributed in young leaves and stems. We evaluated the toxic effects of UMB and SCO against *P. canaliculata*, and found that at the same concentrations, UMB had a stronger toxic effect than SCO. At a concentration of 200 $\mu\text{g/mL}$, UMB killed 100% of *P. canaliculata* in 24 h, but SCO killed only 8% of *P. canaliculata* in the same time period. We evaluated the effects of UMB and SCO on growth of rice and barnyard grass seedlings in a pot experiment. The effects of SCO on growth of rice and barnyard grass were stronger than those of UMB at the same concentration. Both UMB and SCO promoted seedling growth when applied at concentrations of 50 and 100 $\mu\text{g/mL}$, but inhibited seedling growth when applied at concentrations of 200 and 400 $\mu\text{g/mL}$. When applied in combination, UMB and SCO had stronger effects on the growth of rice and barnyard grass and on *P. canaliculata* than either compound applied singly at the same concentration. Both UMB and SCO were well-degraded within 10 days in soil. The ecological functions of UMB and SCO in *I. cairica* plants deserve further investigation.

Key Words: *Ipomoea cairica*; *Pomacea canaliculata*; umbelliferone (UMB); scopoletin (SCO); Rice; Barnyard grass

福寿螺 (*Pomacea canaliculata* Lamarck) 是对农业生产造成严重危害的入侵水生动物,嗜食水稻幼茎、叶和有效分蘖,造成缺株少苗,给水稻生产造成重大损失^[1-3]。目前,福寿螺防治主要采用化学措施,对稻田生态环境危害严重,由于化学杀螺剂的长期使用,在一些地区福寿螺已产生了抗药性,防治难度和成本加大^[4-5]。为了克服化学防治福寿螺的不足,国内外对非化学方法防治福寿螺进行了一些研究^[4,6-12]。五爪金龙 (*Ipomoea cairica*) 是华南地区危害自然和人工生态系统较严重的入侵植物^[13]。前期研究表明五爪金龙植株对福寿螺具有毒杀作用^[4,14],文献报道五爪金龙植株含有香豆素类次生物质伞形花内酯 (UMB) 和东莨菪亭内酯 (SCO)^[15],同时也有研究表明香豆素类物质对血吸虫寄主钉螺有毒杀作用^[16]。本研究在前期研究的基础上,研究五爪金龙植株中伞形花内酯和东莨菪亭内酯含量的变化规律,分析这两种次生物质对福寿螺的毒杀效果,并对这两种物质在土壤中的降解速度,以及这两种物质对水稻和稗草苗可能的影响做了研究。旨在为利用五爪金龙植株在稻田防治福寿螺提供依据,也为其资源化利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 福寿螺的收集

福寿螺 (*Pomacea canaliculata*, 英文名: Golden Apple Snail, 本文简称: GAS) 采集于华南农业大学农场水沟中,分选出厣高为 12—24 mm 福寿螺(前期实验表明,这种大小的福寿螺对抗五爪金龙的毒性的能力最强)。用自来水将收集的福寿螺冲净泥土后,放入盛有去离子水的容器中,禁食 24 h 挑选出活动正常的福寿螺供试验使用。收集区域经咨询农场管理人员,在收集前 30 天内没有采用化学防控措施。

1.1.2 五爪金龙的收集

在华南农业大学校园路边采集生长良好的五爪金龙。选取 5 m×5 m 的样地,分别于 2011 年 4 月 15 日(春季)、2011 年 7 月 13 日(夏季)、2011 年 10 月 20 日(秋季)和 2012 年 1 月 22 日(冬季)采集株样本,室内将样品整理为花、幼茎(茎浅黄色段,约 6—10 cm)、茎(幼茎以下至木质化段,深绿色段,约 8—25 cm)、幼叶(茎尖端叶片)、成叶(茎上叶片)五部分。样品于室内通风阴凉处风干 12 h 后经 80 $^{\circ}\text{C}$ 恒温干燥至恒重备用。

1.2 试验方法

1.2.1 五爪金龙中 UMB 和 SCO 的含量测定

(1) 色谱条件

高效液相色谱(岛津 HPLC-20A)。色谱柱: Zorbax SB-C18;流动相为甲醇:水(60:40),检测波长 $\lambda = 345 \text{ nm}$;流速为 0.6 mL/min 。

(2) 标准曲线

UMB 和 SCO 纯品均配成 5、10、20、40、80 和 $160 \mu\text{g/mL}$ 的标准溶液系列, $0.45 \mu\text{m}$ 膜过滤, $10 \mu\text{L}$ 进样 3 次,测定。UMB 出峰时间为 13.4 min , SCO 出峰时间为 12.34 min 。以分 3 次峰面积的平均值对浓度得标准曲线。UMB 标准曲线 $A_{\text{umb}} = 1.96 \times 10^4 + 1.29 \times 10^4 C$, $r^2 = 0.9999$; SCO 标准曲线 $A_{\text{SCO}} = 4.22 \times 10^4 + 1.5 \times 10^4 C$, $r^2 = 0.9999$ 。A 为峰面积积分值, C 为进样浓度($\mu\text{g}/10\mu\text{L}$)。UMB 和 SCO 均购自 Alfa Aesar, 纯度 $\geq 98\%$ 。

(3) 五爪金龙 UMB 和 SCO 含量分析溶液的制备和测定

将干燥的五爪金龙不同器官样品分别研磨成粉末,称取 1.00 g 置于 100 mL 三角瓶中,加入石油醚 40 mL ,提取 6 次,每次 4 h ($55 \text{ }^\circ\text{C}$ 水浴)。过滤,在 $65 \text{ }^\circ\text{C}$ 下将石油醚蒸干,残渣用色谱纯(甲醇)溶解并定容于 5 mL 容量瓶中,摇匀,过夜。次日取上清液过 $0.45 \mu\text{m}$ 滤膜入样品瓶,按 1.2.1.1 条件进行测定。根据标准曲线和样品浓度体积比计算五爪金龙不同器官单位干物质中 UMB 和 SCO 的含量。

1.2.2 不同浓度的 UMB 和 SCO 溶液对福寿螺毒杀试验

在 800 mL 烧杯中分别加入 600 mL 浓度为 C0 为 $50 \mu\text{g/mL}$, C1 $100 \mu\text{g/mL}$, C2 $200 \mu\text{g/mL}$, C3 $400 \mu\text{g/mL}$ 的 UMB 和 SCO 溶液(UMB 和 SCO 均为微溶于水的化合物, C3 浓度时已悬浮状态),以及相同浓度的 UMB 和 SCO 混合溶液,放入 15 只 1.1.1 处理的福寿螺,3 个重复,观察福寿螺死亡时间和死亡数量,去离子水中放入福寿螺为对照。

福寿螺死亡鉴定标准:按文献方法^[17],每隔 12 h 后取出疑似死螺,放入蒸馏水中,浮于水面或悬浮于水中对接触刺激无反应,或者 30 min 内不能开扉活动的为死螺,沉于水底壳肉分离的也为死螺;沉于水底开扉活动的为活螺。

1.2.3 UMB 和 SCO 对水稻及稗草苗生长的影响

挑选颗粒饱满,大小一致的水稻种子(为杂交组

合天优 998) 和稗草(*Echinochloa crusgalli*) 种子(收集于稻田)用去离子水浸泡 12 h ,培养箱内 $30 \text{ }^\circ\text{C}$ 下催芽 48 h 。然后将种子置于垫有 3 层滤纸的培养皿($\Phi 15 \text{ mm}$)中。每个培养皿放置水稻种子 30 粒,放置 100 粒稗草种子,分别加入 C0, C1, C2, C3 的 UMB 溶液、SCO 溶液以及 UMB+SCO 的溶液 5 mL ,保持湿润,去离子水处理为对照,每处理 3 个重复。光照培养箱($25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$)培养 10 d (12 h 光照, 12 h 黑暗,光强为 $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 分别测量水稻和稗草的株高、根长、鲜重、干重。

1.2.4 UMB 和 SCO 在土壤中的降解

取 24 个 50 mL 烧杯,每个烧杯中分别加入 10 g 风干水稻土并加 10 mL 去离子水,再分别加入浓度为 $200 \mu\text{g/mL}$ 的 UMB 和 SCO 溶液 1 mL ,相当于初始土壤中 UMB 和 SCO 的含量均为 $20 \mu\text{g/g}$ 土壤,放置于室内,温度变幅为 $25\text{—}30 \text{ }^\circ\text{C}$ 下降解。分别于 1、3、5、10d 后分别随机选取加有 UMB 和 SCO 溶液的 3 个烧杯中的土壤。参照文献^[18]方法,每个烧杯中的水稻土分别加入甲醇 50 mL 提取,反复 5 次,合并提取液,过滤后浓缩至干,加 1 mL 液相色谱纯(甲醇)定量溶解,过 $0.45 \mu\text{m}$ 过滤膜。按(3)中方法测定 UMB 和 SCO 在土壤中的残存量。

1.3 数据分析

数据整理、绘图采用 EXCEL 2010,数据分析采用 Origin 7.5 进行显著性分析。

2 结果分析

2.1 五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 含量

图 1 显示五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 含量因季节、器官不同有差异。其中 SCO 的含量高于 UMB,两者含量均是夏季最高,春季次之,秋冬季含

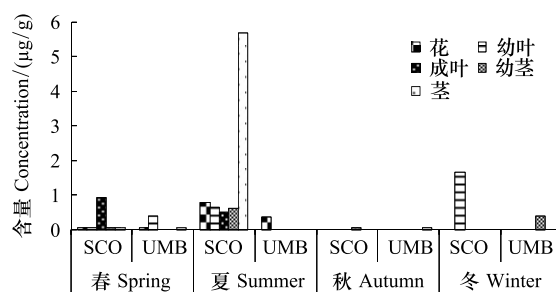


图 1 不同季节五爪金龙不同器官中 UMB 和 SCO 的含量
Fig.1 Contents of UMB and SCO in different organs of *I. cairica* in different seasons

量较低。SCO 在夏季和春季所测器官中均能检测到,夏季是茎中含量高,达 $6 \mu\text{g/g}$,春季则成熟叶片中含量较高,达 $1.6 \mu\text{g/g}$;SCO 秋季在幼茎中有较低的含量,为 $0.035 \mu\text{g/g}$,冬季在幼叶中含量较高,达 $2.6 \mu\text{g/g}$ 。

UMB 在春季幼叶、夏季花中、秋季茎和冬季幼茎中含量较多,但这些器官的生物量占五爪金龙植株总生物量的比例较低,而 SCO 在茎和成熟叶片中含量较多,这些器官在五爪金龙的植株中占总生物量的比例较高,因此,UMB 在五爪金龙中含量低于 SCO。

2.2 UMB 和 SCO 溶液对福寿螺毒杀效果

图 2 表明,UMB 和 SCO 对福寿螺的毒杀效果与浓度有关,浓度大毒杀福寿螺效果强。C0 浓度 60 h 内 UMB 和 SCO 对福寿螺均没有毒杀效果。C1 浓度下两物质在 60 h 内虽对福寿螺致死率仍为零,但在

实验中发现,部分福寿螺在此浓度下表现出逃逸的倾向,部分闭厣并减少活动。C2, C3 浓度下 12 h 内均有福寿螺出现死亡,随着时间的增加死亡率也随之增加。C3 浓度下 60 h 时,UMB 和 SCO 毒杀福寿螺的死亡率分别为 89% 和 82%,这也表明相同浓度 SCO 溶液对福寿螺的毒杀效果小于 UMB 溶液。

UMB 和 SCO 混合后毒杀福寿螺的效果比任一单个物质的效果要强。在 C1 浓度下虽然 UMB 和 SCO 任一物质均对福寿螺没有致死效果,但在两者的混合溶液处理 24 h 后,福寿螺的死亡率为 5%,60 h 后,可达 40%。C2 浓度下处理 48 h 后,福寿螺的死亡率达 100%,而 C2 浓度下 UMB 和 SCO 分别处理后的死亡率分别为 63% 和 25%,显示两个物质混合后的毒杀福寿螺的效果不是简单的加和效应,而是比任一单独溶液的效果好。

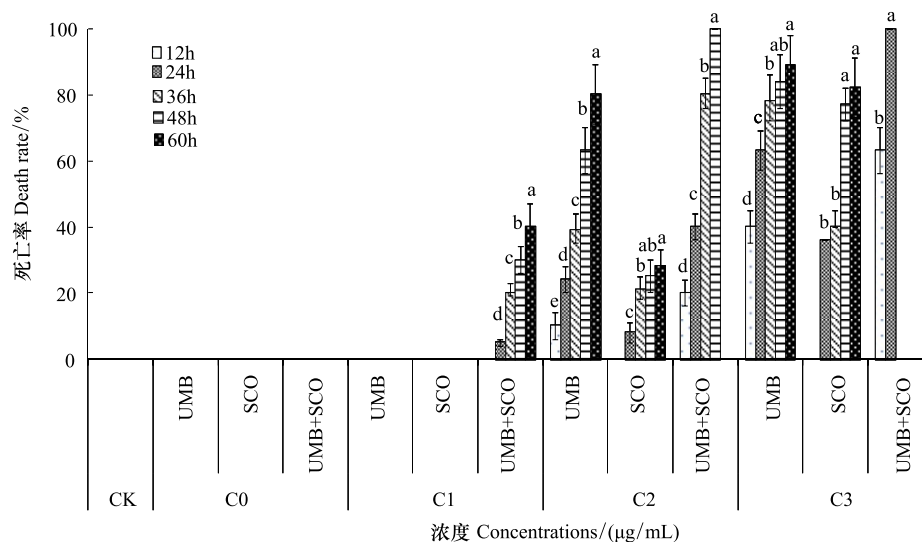


图 2 UMB 和 SCO 对福寿螺毒杀效果

Fig.2 Toxic effects of UMB and SCO on GAS

图中直线代表平均值 $\pm$ 标准差,不同字母表示相同处理间差异达 0.05 显著水平; CK: $0 \mu\text{g/mL}$, C0: $50 \mu\text{g/mL}$, C1: $100 \mu\text{g/mL}$, C2: $200 \mu\text{g/mL}$, C3: $400 \mu\text{g/mL}$

2.3 UMB 和 SCO 对水稻苗生长的影响

图 3 表明:UMB 和 SCO 浓度不同对水稻的苗高和根长的影响也有差异。UMB 在 C0、C1、C2 浓度时对水稻苗高均有促进作用,C1 时促进作用最强,C2 促进作用开始减弱,C3 时对水稻苗高有显著的抑制作用($P < 0.05$),与对照相比相差 15.9 mm。SCO 在 C0、C1 和 C2 浓度时对水稻苗高有促进,并且随着浓度的增加,促进作用增强,但 C3 浓度时的促进作

用下降,因此,在相同浓度下 SCO 的促进作用较 UMB 要强。UMB 和 SCO 混合溶液在 C0、C1 浓度时对水稻苗高的促进作用比单一物质相同浓度时的促进作用要强,但 C2 浓度时已较单一物质相同浓度下的促进作用要弱,C3 浓度时表现出抑制作用。

UMB 在 C0 和 C1 浓度时对水稻苗根长表现为促进作用,C2 时与对照相近,C3 时有显著的抑制作用($P < 0.05$),比对照根长短 41.3 mm。SCO 促进作

用较 UMB 略强,在 C2 时仍有显著的促进作用 ($P < 0.05$),比对照长了 13.7 mm,但 C3 浓度下却有一定的抑制作用,比对照短了 4.87 mm。UMB 和 SCO 混合溶液在 C0, C1, C2 浓度时对水稻苗的根长促进作用和单一物质相同浓度时的促进作用相近, C3 浓度时表现出抑制作用。UMB 和 SCO 混合溶解的作用效果及其随浓度变化的规律与 SCO 溶液相近。

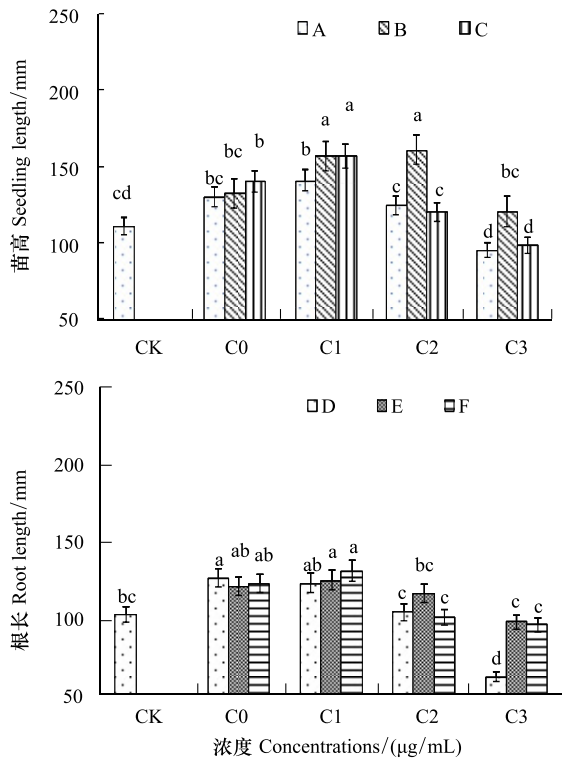


图3 UMB 和 SCO 对水稻苗高和根长的影响

Fig.3 Effects of UMB and SCO on the growth of rice seedling A: UMB 对水稻苗高的影响, B: SCO 对水稻苗高的影响, C: UMB 和 SCO 混合液对水稻苗高的影响, D: UMB 对水稻根长的影响, E: SCO 对水稻根长的影响, F: UMB 和 SCO 混合液对水稻根长的影响

图4显示, UMB 和 SCO 对水稻苗鲜重和干重的影响与其对苗高和根长的影响相似。UMB 在 C0、C1、C2 浓度时对水稻苗鲜重有促进作用, C3 浓度时有抑制作用, SCO 的促进作用较 UMB 要强。UMB 和 SCO 混合后, C0, C1 时较单一物质相同浓度时的促进作用要强, 但 C2, C3 时促进作用下降。UMB 和 SCO 对水稻苗干重的影响与其对水稻苗鲜重的影响相似。

2.4 UMB 和 SCO 对稗草苗生长的影响

图5显示 UMB 在 C0 和 C1 浓度时对稗草苗高的促进作用较大, C2 时促进作用减弱, C3 浓度时表

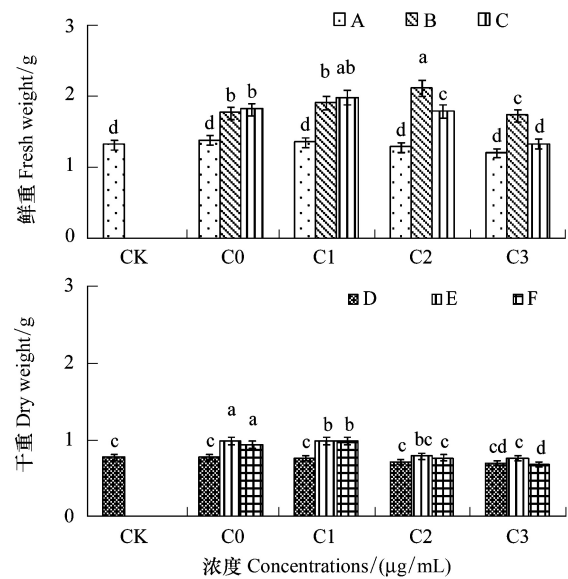


图4 UMB 和 SCO 对水稻苗鲜重和干重的影响

Fig.4 Effects of UMB and SCO on fresh weight and dry weight of rice seedling

A: UMB 对水稻鲜重的影响, B: SCO 对水稻鲜重的影响, C: UMB 和 SCO 混合液对水稻鲜重的影响, D: UMB 对水稻干重的影响, E: SCO 对水稻干重的影响, F: UMB 和 SCO 混合液对水稻干重的影响

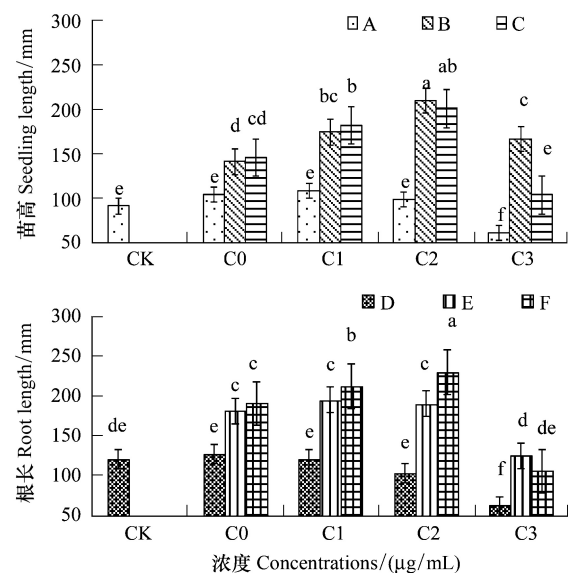


图5 UMB 和 SCO 溶液对稗草苗高根长的影响

Fig.5 Effects of UMB and SCO on seedling growth of barnyard grass

A: UMB 对稗草苗高的影响, B: SCO 对稗草苗高的影响, C: UMB 和 SCO 混合液对稗草苗高的影响, D: UMB 对稗草根长的影响, E: SCO 对稗草根长的影响, F: UMB 和 SCO 混合液对稗草根长的影响

现为显著的抑制作用 ($P < 0.05$), 比对照短 30.0 mm。SCO 则均表现为促进作用, 且促进苗高的幅度较相同浓度的 UMB 为大, 在 C2 时促进效果最强 ($P <$

0.05), 比对照高出 118 mm, C3 浓度时促进作用下降, 但仍比对照高 75.5 mm。UMB 和 SCO 混合溶液在 C0, C1 浓度时比任一单一物质相同浓度下的促进作用要大, 但在 C2, C3 浓度时, 比 SCO 相同浓度的促进作用要小, 这可能与 UMB 在 C3 浓度下的抑制作用有关。UMB 和 SCO 对稗草根长的影响与其对稗草苗高的影响趋势一致。

图 6 显示, UMB 在 C0 浓度时对稗草鲜重有促进作用, C1, C2, C3 浓度时抑制作用随浓度增加而增加。SCO 的促进作用较强, C2 时促进作用最大, C3 促进作用有所下降。UMB 和 SCO 混合后, C0, C1, C2 较 SCO 促进作用相同浓度时要强, C3 时较 SCO 同浓度下要弱。UMB 和 SCO 对稗草干重的影响与其对稗草鲜重的影响相似。

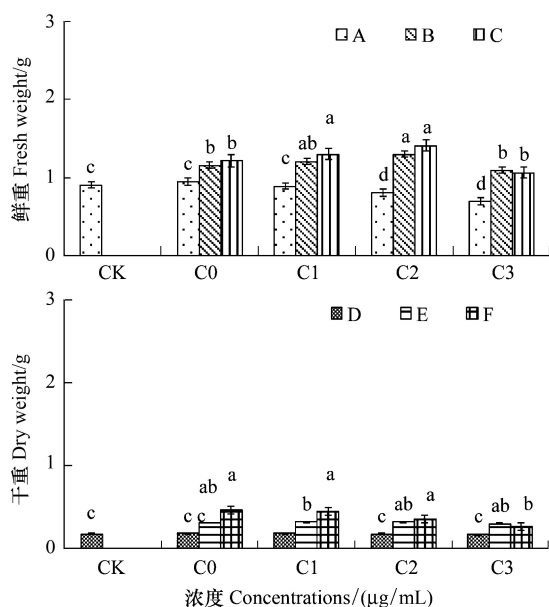


图 6 UMB 和 SCO 溶液对稗草苗鲜重和干重的影响

Fig.6 Effects of UMB and SCO on seedling growth of barnyard grass

A: UMB 对稗草苗鲜重的影响, B: SCO 对稗草苗鲜重的影响, C: UMB 和 SCO 混合液对稗草苗鲜重的影响, D: UMB 对稗草苗干重的影响, E: SCO 对稗草苗干重的影响, F: UMB 和 SCO 混合液对稗草苗干重的影响

2.5 UMB 和 SCO 在土壤中的降解

图 7 表明, UMB 和 SCO 常温下在土壤中降解较快。SCO 降解的速度比 UMB 要快。1 d 后两物质均降解超过一半。10 d 后在土壤中基本检测不到。

2 结论与讨论

前期研究证实, 五爪金龙对入侵动物福寿螺有

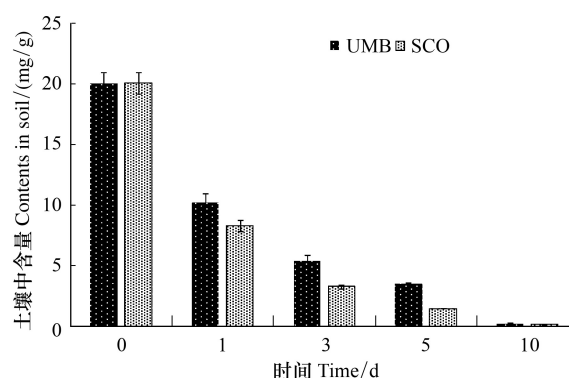


图 7 UMB 和 SCO 在土壤中含量随时间的变化

Fig.7 Concentrations of UMB and SCO in the soil with time

毒杀作用^[4,14]。因此, 采集五爪金龙植株施放到稻田防治福寿螺取食水稻苗, 以害治害, 既可降低五爪金龙对生态环境的破坏, 亦可防治福寿螺对水稻生长的影响, 亦可以减少稻田杀螺化学农药的使用。本研究表明: 五爪金龙植株中香豆素类次生物质 UMB 和 SCO 具有毒杀福寿螺的活性(图 2)。五爪金龙中 UMB 和 SCO 在不同器官中含量有差异, 叶片、茎、花等器官中均有分布, 且这些器官组织均没有木质化, 施入田间易于分解, 因此, 可直接施放到田间不会对田间管理带来不利的影响。一方面五爪金龙植株中的次生物质 UMB 和 SCO 在夏季含量高, 生物量大, 资源丰富; 另一方面, 由于福寿螺来源于热带, 夏季温度高, 水分多, 福寿螺生长快、取食能力强, 对华南晚季稻苗的破坏也严重。因此, 五爪金龙生物量高峰期, UMB 和 SCO 高含量期与福寿螺危害严重发生期具有同步性, 这对利用五爪金龙防治稻田福寿螺危害水稻苗是有利的。

香豆素类化合物, 在植物体内是次生代谢产物, 主要存在于伞形科、菊科、蝶形花科、茜草科、芸香科、虎耳草科和茄科植物中^[19]。它们的功能大多和防御有关, 例如抗微生物、阻食、紫外线屏蔽、抑制种子的发芽等^[20]。图 1 表明, 夏季五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 的含量较高, 这可能与夏季光热条件充足, 植株生长旺盛有关。夏季含量高, 在植株中分布广也可能与夏季微生物、取食昆虫等种类多, 数量大, 需要防御的物质较多有关。而秋冬季, 温度低, 生长慢, 光合产物相对较少, 另一方面, 病原微生物和取食昆虫也相对较少。因此, 秋冬季作为防御物质的 UMB 和 SCO 主要分布在易受伤害的幼叶和幼茎等器官中。

研究表明香豆素类化合物具有杀虫、抑菌、抗病等功能^[21-23]。例如张国洲等报道 UMB 对菜粉蝶 5 龄幼虫具有较强的拒食和致死的生物活性^[24]; SCO 在较高浓度下引起细胞膜完整性缺失和细胞凋亡^[25]; SCO 有神经毒性^[26]。但对水生动物的影响没有报道,本研究首次确定了五爪金龙中含有的香豆素 UMB 和 SCO 对水生入侵动物福寿螺也有较强的毒杀活性(图 2)。

报道显示香豆素类化合物还具有化感功能^[27],对青藏高原主要杂草箭叶橐吾种子^[28]、水稻苗^[29]、大麦^[30]、胡萝卜^[31]等植物均具有化感作用。已有研究表明,五爪金龙提取物对植物的化感作用均表现出低浓度促进,高浓度抑制植物生长的特征。这与本研究结果吻合(图 3—图 6)。另外,由于含有香豆素的植物资源较丰富,表明有较多植物资源可以有于控制福寿螺。

本研究进一步表明:五爪金龙中对水稻和稗草起作用的化感物质包括 UMB 和 SCO 两种香豆素,在对水稻和稗草起促进作用的 C2 浓度时,即可对福寿螺产生致死的效果。因此,在稻田施用五爪金龙植物控制福寿螺,只要施用量得当,会起到控螺,促进水稻生长的良好效果。虽然,较高浓度的 UMB 和 SCO 对稗草有抑制作用,但由于在此浓度下对水稻苗的生长也有抑制作用,而稗草和水稻总是伴生生长的,因此,稻田施放较大量的五爪金龙,发挥 UMB 和 SCO 控制稗草的作用也会影响水稻的生长,可见利用五爪金龙的化感作用控制稻田稗草在生产上是不可取的。

虽然 UMB 和 SCO 都对福寿螺、水稻和稗草具有活性,但本研究表明,UMB 对福寿螺的毒杀活性比 SCO 强,而 SCO 对水稻和稗草的化感活性强,UMB 和 SCO 的主要生态功能是有差异的。五爪金龙同时含有 UMB 和 SCO,这显示,在五爪金龙植株中既可同时获取具有控制福寿螺的植物源农药和促进作物生长的化感物质,也可以将五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 分离出来,分别获取控制福寿螺和促进作物生长的物质,因此,入侵植物五爪金龙是可以资源化利用的。又由于夏季五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 含量高,实际上夏季其生物量也很大(图 1),生长快,因此资源是丰富的,不会出现资源不足。由于 UMB 和 SCO 在土壤中降解速度快,在 10 d 内 UMB 和

SCO 基本降解完全(图 7),因此,不会在土壤中发生富积,不会对农田土壤环境产生不利影响。

以上分析表明:入侵植物五爪金龙中的香豆素类化合物 UMB 和 SCO 在 C2 浓度下具有毒杀福寿螺和促进水稻生长的效果;UMB 和 SCO 在土壤中降解快,不会形成富积,所以不会对环境产生危害;同时,入侵植物五爪金龙分布广泛,危害严重,其资源化利用对减轻其对环境的危害也有贡献。进一步,可以通过田间试验构建 UMB 和 SCO 对福寿螺、水稻、稗草的致死、抑制作用的最优方程,找出对福寿螺致死率高、对水稻有促进、对稗草有抑制作用的最佳浓度。

UMB 和 SCO 合成并不困难,表明对香豆素的结构改造有可获得高效、无残留或低残留的杀螺剂的潜力,值得进一步的探讨。应当指出,本研究报道了五爪金龙植株中 UMB 和 SCO 两种次生物质对福寿螺、水稻和稗草的效应,但五爪金龙中的次生物种类远不只这两种,各种次生物质的生物活性也是多种多样的,五爪金龙中次生物质的种类、生态功能值得进一步深入研究。

References:

- [1] Dai L P, Luo W H, Wang W X. Molluscicidal efficacy of *Nerium indicum* cardiac glycosides on *Pomacea canaliculata* and its effects on rice seedling. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31 (7): 1918-1924.
- [2] Salleh N H M, Arbain D, Daud M Z M, Pilus N, Nawi R. Distribution and management of *Pomacea canaliculata* in the Northern region of Malaysia: mini review. *APCBEE Procedia*, 2012, 2: 129-134.
- [3] Wada T, Ichinose K, Higuchi H. Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). *Applied Entomology and Zoology*, 1999, 34(3): 365-370.
- [4] Hu F, Zeng K Y, Zhang J Y, Chen J J, Tang X R. Ethanol extract of *Ipomoea cairica* toxic effects on *Pomacea canaliculata* and its effects on the growth of *Orzya sativa* seedling. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5471-5477.
- [5] Martín S R, Ndjoko K, Hostettmann K. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. *Crop Protection*, 2008, 27(3/5): 310-319.
- [6] Joshi R C, Martín R S, Saez-Navarrete C, Alarcon J, Sainz J, Antolin M M, Martín A R, Sebastian L S. Efficacy of quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins against golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in the Philippines under laboratory

- conditions. *Crop Protection*, 2008, 27(3/5): 553-557.
- [7] Luo Y, Zeng X N, Ju J H, Zhang S, Wu S Z. Molluscidal activity of the methanol extracts of 40 species of plants. *Plant Protection*, 2005, 31(1): 31-34.
- [8] Chen X J, He Z Q, Gao P. Molluscicidal activity of plants extracts of 10 species against *Pomacea canaliculata*. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 25(4): 1294-1297.
- [9] Li L F, Xu W B, Zhong Q H, Zhang J E, Luo M Z, Zhao B L, Qin Z. Toxicological effect of *Agave sisalana* Perrine extract on golden apple snail (*Pomacea canaliculata* Lamarck). *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(1): 69-74
- [10] Yang X Q, Zhong H Y, Chen Y Z, Wang J W, Ma X L. Effect of storage period of oil-tea camellia meal on control of *Pomacea canaliculata* (Lamarck). *Pesticide Science and Administration*, 2012, 33(3): 50-52.
- [11] Zhang X L, Li P, Chen B, Wang M K. The molluscicidal activities of different extracts from *Jatropha curcas* L. against *Pomacea canaliculata*. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2012, 40(6): 3349-3350.
- [12] Zhou B, Zou Y, Yan X H, Liu M X, Zhong J, Jiang P. Efficacy of the extract from *Eomecon chionantha* against *Ampullaria gigas*. *Hubei Agricultural Sciences*, 2011, 50(7): 1390-1393.
- [13] Deng Y C, Kong Z W, Luo H Y, Ning L, Qin H. Allelopathic effect of invasive *Ipomoea cairica* on seed germination and seedling growth of five vegetables. *Seed*, 2010, 29(7): 8-11.
- [14] Zeng K Y, Hu F, Chen Y F, Chen J J, Kong C H. Effects of four invasive plants with the same origin area of *Ampullaria gigas* (golden snail) on it behaviors and killing activity. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(1): 260-266.
- [15] Lima O O A, Braz-Filho R. Dibenzylobutyrolactone lignans and coumarins from *Ipomoea cairica*. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 1997, 8(3): 235-238.
- [16] Zhang X Y, Zhang Y Y, Xu G Y, Yang P C, Hu H B. Molluscicidal active content of *cnidium monnieri*. *Chinese Journal of Schistosomiasis Control*, 2003, 15(6): 462-462, 464-464.
- [17] dos Santos J A, Tomassini T C, Xavier D C, Ribeiro I M, da Silva M T, de Moraes Filho Z B. Molluscicidal activity of *Physalis angulate* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d'orbigny, 1835) under laboratory conditions. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 2003, 98(3): 425-428.
- [18] Kong C H, Xu X H, Chen J J, Hu F, Tan Z W. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* IX. transformation of main allelochemical in the soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1189-1195.
- [19] Matsumoto S, Mizutani M, Sakata K, Shimizu B I. Molecular cloning and functional analysis of the *ortho*-hydroxylases of *p*-coumaroyl coenzyme A/feruloyl coenzyme A involved in formation of umbelliferone and scopoletin in sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.) Lam. *Phytochemistry*, 2012, 74: 49-57.
- [20] Wang H. Studies on Allelopathy Mechanism of Coumarin in Rice (*Oryza Sativa*) [D]. Jilin: Northeast Normal University, 2006.
- [21] Hoult J R S, Payá M. Pharmacological and biochemical actions of simple coumarins: natural products with therapeutic potential. *General Pharmacology: The Vascular System*, 1996, 27(4): 713-722.
- [22] Wang D, Zhang F H, Sun J, Hao S H. Synthesis and pesticide activity of 8 derivatives of 4-Methyl-Coumarin. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(15): 199-203.
- [23] Zhang F H, Wei Y, Wang D, Song W, Wang X G, Hao S H. Fungicidal and herbicidal activities of coumarins. *Agrochemicals*, 2011, 50(6): 455-457.
- [24] Zhang G Z, Wang Y W, Xu H H, Wu G Q, Zhao S H. Isolation and identification of extraction of *Stellera chamaejasme* (I). *Journal of Anhui Agricultural University*, 2000, 27(4): 340-344.
- [25] Wei L J, Zhou J P, Dai Y. Progress in the study of natural product scopoletin. *Strait Pharmaceutical Journal*, 2009, 22(4): 10-13.
- [26] Liang W, Bai X N, Ma L Q, Shi G L, Wang Y N. Preliminary study on scopoletin toxicity to *Tetranychus cinnabarinus* and its acaricidal mechanism. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2011, 38(8): 68-71.
- [27] Razavi S M. Plant coumarins as allelopathic agents. *International Journal of Biological Chemistry*, 2011, 5(1): 86-90.
- [28] Zhang H, Ma R J, Li G. Study on allelopathy of several common weeds on *Ligularia sagitta*. *Journal of Northwest Normal University: Natural Science*, 2007, 43(3): 66-70.
- [29] Deng Y C, Kong Z W, Luo H Y, Ning L, Qin H. The effects of extractive of *Ipomoea cairica* towards seed germination of rice and wheat. *China Seed Industry*, 2010, (11): 38-40.
- [30] Chon S U, Kim Y M. Herbicidal potential and quantification of suspected allelochemicals from four grass crop extracts. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2004, 190(2): 145-150.
- [31] Abenavoli M R, Sorgonà A, Sidari M, Badiani M, Fuggi A. Coumarin inhibits the growth of carrot (*Daucus carota* L. cv. Saint Valery) cells in suspension culture. *Journal of Plant Physiology*, 2003, 160(3): 227-237.

参考文献:

- [1] 戴灵鹏, 罗蔚华, 王万贤. 夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响. *生态学报*, 2011, 31(7): 1918-1924.
- [4] 胡飞, 曾坤玉, 张俊彦, 陈建军, 唐湘如. 五爪金龙乙醇提取物对福寿螺毒杀和水稻苗生长的影响. *生态学报*, 2009, 29(10): 5471-5477.
- [7] 骆悦, 曾鑫年, 居建华, 张帅, 吴素贞. 40种植物甲醇提取物的杀螺活性研究. *植物保护*, 2005, 31(1): 31-34.
- [8] 陈晓娟, 何忠全, 高平. 10种植物提取物对稻田福寿螺的毒杀活性. *西南农业学报*, 2012, 25(4): 1294-1297.
- [9] 李林峰, 徐武兵, 钟秋华, 章家恩, 罗明珠, 赵本良, 秦钟.

- 剑麻提取物对福寿螺的毒理效应. 中国生态农业学报, 2012, 20(1): 69-74.
- [10] 杨雪清, 钟海雁, 陈永忠, 王建龙, 马希兰. 油茶粕存放时间长短与杀福寿螺防效关系. 农药科学与管理, 2012, 33(3): 50-52.
- [11] 张小龙, 李甫, 陈斌, 王明奎. 麻疯树不同提取物对福寿螺的毒杀活性. 安徽农业科学, 2012, 40(6): 3349-3350.
- [12] 周兵, 邹有, 闫小红, 刘名信, 钟娟, 蒋平. 血水草提取物对福寿螺的杀螺效果. 湖北农业科学, 2011, 50(7): 1390-1393.
- [13] 邓业成, 孔卓玮, 骆海玉, 宁雷, 秦卉. 外来入侵植物五爪金龙对 5 种蔬菜种子萌发和幼苗生长的化感效应. 种子, 2010, 29(7): 8-11.
- [14] 曾坤玉, 胡飞, 陈玉芬, 陈建军, 孔垂华. 四种与福寿螺 (*Ampullaria gigas*) 同源地入侵植物的杀螺效果. 生态学报, 2008, 28(1): 260-266.
- [16] 张新勇, 张勇耀, 徐国余, 杨佩才, 胡鸿宝. 中药蛇床子提取液杀灭钉螺的活性成分研究. 中国血吸虫病防治杂志, 2003, 15(6): 462-462, 464-464.
- [18] 孔垂华, 徐效华, 陈建军, 胡飞, 谭中文. 胜红蓟化感作用研究 IX. 主要化感物质在土壤中的转化. 生态学报, 2002, 22(8): 1189-1195.
- [20] 王化. 香豆素对水稻化感作用机制的研究 [D]. 吉林: 东北师范大学, 2006.
- [22] 王栋, 张方贺, 孙健, 郝双红. 8 种 4-甲基香豆素衍生物的合成及其农药活性. 中国农学通报, 2013, 29(15): 199-203.
- [23] 张方贺, 魏艳, 王栋, 宋卫, 王现刚, 郝双红. 8 种甲基香豆素衍生物的抑菌及除草活性. 农药, 2011, 50(6): 455-457.
- [24] 张国洲, 王亚维, 徐汉虹, 吴恭谦, 赵善欢. 瑞香狼毒杀虫活性成分的提取与分离 (I). 安徽农业大学学报, 2000, 27(4): 340-344.
- [25] 魏丽娟, 周金培, 戴岳. 天然产物东莨菪素的研究进展. 海峡药学, 2009, 22(4): 10-13.
- [26] 梁为, 白雪娜, 马兰青, 师光禄, 王有年. 东莨菪素对朱砂叶螨的毒力及杀螨机理初探. 广东农业科学, 2011, 38(8): 68-71.
- [28] 张红, 马瑞君, 李刚. 几种常见杂草对箭叶橐吾的化感作用. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2007, 43(3): 66-70.
- [29] 邓业成, 孔卓玮, 骆海玉, 宁雷, 秦卉. 五爪金龙提取物对水稻和小麦种子萌发的影响. 中国种业, 2010, (11): 38-40.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing'an mountain LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractioned structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp WANG Yiping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xiping, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction SHEN Guofang (1891)

《生态学报》2014 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,探索生态学奥秘,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,280 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

本期责任副主编 魏辅文

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 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

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

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元