

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

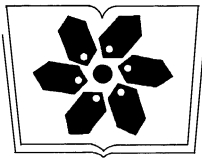
Acta Ecologica Sinica



第31卷 第7期 Vol.31 No.7 **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 7 期

2011 年 4 月 (半月刊)

目次

川南天然常绿阔叶林人工更新后土壤氮库与微生物的季节变化·····	龚伟,胡庭兴,王景燕,等 (1763)
IBIS 模拟东北东部森林 <i>NPP</i> 主要影响因子的敏感性·····	刘曦,国庆喜,刘经纬 (1772)
不同坡位沙棘光合日变化及其主要环境因子·····	靳甜甜,傅伯杰,刘国华,等 (1783)
氮、硫互作对克隆植物互花米草繁殖和生物量累积与分配的影响·····	甘琳,赵晖,清华,等 (1794)
海岛棉和陆地棉叶片光合能力的差异及限制因素·····	张亚黎,姚贺盛,罗毅,等 (1803)
遮荫对连翘光合特性和叶绿素荧光参数的影响·····	王建华,任士福,史宝胜,等 (1811)
3 种木本植物在铅锌和铜矿砂中的生长及对重金属的吸收·····	施翔,陈益泰,王树凤,等 (1818)
施氮水平对小麦籽粒谷蛋白大聚合体粒径分布的调控效应·····	王广昌,王振林,崔志青,等 (1827)
强光下高温与干旱胁迫对花生光系统的伤害机制·····	秦立琴,张悦丽,郭峰,等 (1835)
环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响·····	温璐,董世魁,朱磊,等 (1844)
利用 CASA 模型模拟西南喀斯特植被净第一性生产力·····	董丹,倪健 (1855)
北京市绿化树种紫玉兰的蒸腾特征及其影响因素·····	王华,欧阳志云,任玉芬,等 (1867)
平衡施肥对缺磷红壤性水稻土的生态效应·····	陈建国,张杨珠,曾希柏,等 (1877)
冬小麦种植模式对水分利用效率的影响·····	齐林,陈雨海,周勋波,等 (1888)
黄土高原冬小麦地 N_2O 排放·····	庞军柱,王效科,牟玉静,等 (1896)
花前渍水预处理对花后渍水逆境下扬麦 9 号籽粒产量和品质的影响·····	李诚永,蔡剑,姜东,等 (1904)
低硫氮比酸雨对亚热带典型树种气体交换和质膜的影响·····	冯丽丽,姚芳芳,王希华,等 (1911)
夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗的影响·····	戴灵鹏,罗蔚华,王万贤 (1918)
海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系·····	赵志轩,张彪,金鑫,等 (1925)
中国灌木林-经济林-竹林的生态系统服务功能评估·····	王兵,魏江生,胡文 (1936)
城郊过渡带湖泊湿地生态服务功能价值评估——以武汉市严东湖为例·····	王凤珍,周志翔,郑忠明 (1946)
黄河三角洲植物生态位和生态幅对物种分布-多度关系的解释·····	袁秀,马克明,王德 (1955)
基于景观可达性的广州市林地边界动态分析·····	朱耀军,王成,贾宝全,等 (1962)
红脂大小蠹传入中国危害特性的变化·····	潘杰,王涛,温俊宝,等 (1970)
基于线粒体 <i>Cyt b</i> 基因的西藏马鹿种群遗传多样性研究·····	刘艳华,张明海 (1976)
不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析·····	袁帅,武晓东,付和平,等 (1982)
秦岭鼯鼠的洞穴选择与危害防控·····	鲁庆彬,张阳,周材权 (1993)
京杭运河堤坝区域狗獾的栖息地特征·····	殷宝法,刘宇庆,刘国兴,等 (2002)
专论与综述	
微生物胞外呼吸电子传递机制研究进展·····	马晨,周顺桂,庄莉,等 (2008)
厌氧氨氧化菌脱氮机理及其在污水处理中的应用·····	王惠,刘研萍,陶莹,等 (2019)
问题讨论	
海河流域森林生态系统服务功能评估·····	白杨,欧阳志云,郑华,等 (2029)
研究简报	
体重和盐度对中国蛤蚧耗氧率和排氨率的影响·····	赵文,王雅倩,魏杰,等 (2040)
虾塘养殖中后期微型浮游动物的摄食压力·····	张立通,孙耀,赵从明,等 (2046)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 290 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-04



封面图说:日斜茅荆坝·河北茅荆坝——地处蒙古高原向华北平原过渡地带的暖温带落叶阔叶林,色彩斑斓,正沐浴着晚秋温暖的阳光。

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

夹竹桃皂甙对福寿螺的毒杀效果 及其对水稻幼苗的影响

戴灵鹏^{1,*}, 罗蔚华¹, 王万贤²

(1. 温州大学生命与环境科学学院, 温州 325035; 2. 湖北大学生命科学学院, 武汉 430062)

摘要:室内条件下研究了夹竹桃皂甙对福寿螺的杀灭效果及其对水稻幼苗的影响。结果表明,福寿螺的致死率随着皂甙浓度的增加和处理时间的延长而显著上升,其中 50mg/L 浓度皂甙处理 48h 的致死率达 100%,与 0.156g/L 氯硝柳胺水溶液的灭螺效果相当。皂甙对福寿螺的杀灭效果与福寿螺的大小有关。皂甙对壳高 $h < 10$ mm 的福寿螺的杀螺效果最好,而对 $20 \leq h < 30$ mm 的杀螺效果最差。水稻幼苗的存活率随着皂甙浓度的增加而显著增加,且低浓度皂甙处理 24h 也具有较高的值。此外,采用水培方法研究了皂甙对水稻幼苗鲜重的影响。高浓度 (≥ 40 mg/L) 的皂甙处理 7d 显著地抑制了水稻幼苗根部和地上部分的鲜重,其中对根部的影响大于地上部分。当处理时间延长到 14d 时,皂甙对水稻幼苗鲜重的抑制作用逐渐减弱,仅 50mg/L 皂甙处理对根部鲜重有显著地抑制。而在氯硝柳胺水溶液处理下,水稻幼苗停止生长。综合结果表明夹竹桃皂甙是一种环境友好且能高效防治福寿螺的灭螺剂。

关键词:福寿螺;夹竹桃;皂甙;水稻幼苗;灭螺效果

Molluscicidal efficacy of *Nerium indicum* cardiac glycosides on *Pomacea canaliculata* and its effects on rice seedling

DAI Lingpeng^{1,*}, LUO Weihua¹, WANG Wanxian²

¹ School of Life and Environmental Science, Wenzhou University, Wenzhou 325035, China

² School of Life Science, Hubei University, Wuhan 430062, China

Abstract: *P. canaliculata* is now a major rice pest in Asia. For snail management, it is therefore imperative to develop an effective and practical method which is relatively safe to the non-target organisms and to the environment. Recently much attention has been given to study the molluscicides from plants, because they might provide effective, locally produced, biodegradable and environment-friendly approach for controlling snail. In this study, cardiac glycosides from the fresh leaves of *N. indicum* were isolated and 100 g fresh leaves were found to contain 0.0402 g cardiac glycosides. Molluscicidal efficacy of *Nerium indicum* cardiac glycosides on *P. canaliculata* and its effects on rice seedlings were investigated under laboratory conditions, in comparison with known molluscicides niclosamide. The results showed that the mortality of *P. canaliculata* increased significantly with both increase in cardiac glycosides concentration and duration of saponins treatment. An increase in cardiac glycosides concentration from 10 to 40 mg/L resulted in increased mortality of *P. canaliculata* (from 20.8 to 95.8%) at 48 h, compared to the control group. It is worth noting that 50mg/L cardiac glycosides exhibited 100% snail mortality at 48 h, which was comparable to that treated with 0.156g/L niclosamide. Snail mortality under saponins treatment was positively correlated with snail size. The molluscicidal efficacy of cardiac glycosides on $h < 10$ mm of *P. canaliculata* was the highest among them, reaching 73.3% treated with 40 mg/L cardiac glycosides for 24h. The most resistant snails corresponded to those having a size of $20 \leq h < 30$ mm, 26.7% mortality was recorded at 40 mg/L cardiac glycosides exposure for 24h. The remaining rate of rice seedlings was directly proportional to cardiac

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30800159);温州市科技计划资助项目(S20080041)

收稿日期:2010-03-08; **修订日期:**2010-09-09

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lpdai@wzu.edu.cn

glycosides concentration. Cardiac glycosides at a concentration of 5 mg/L had almost no effect on the remaining rate of rice seedlings. An excess of cardiac glycosides ($\geq 10\text{mg/L}$) caused a considerable increase in the amount of plants studied. For instance, the remaining rate of rice seedlings increased 3.2-fold under 40mg/L cardiac glycosides treatment compared to 10mg/L cardiac glycosides treatment at 48 h. The remaining rate of rice seedlings with cardiac glycosides was also dependant on snail size. At 30 mg/L cardiac glycosides treatment, remaining rates at 24 h for $h < 10\text{mm}$ and $20 \leq h < 30\text{mm}$ snails were 88.9% and 53.3%, respectively. The effect of cardiac glycosides on the fresh weight of rice seedling was also studied by the method of water culture. Growth of rice seedling depended on the cardiac glycosides concentration used. Shoot fresh weight did not change significantly treated with 0 40 mg/L cardiac glycosides for 7 days. A significant decrease was only detected after the plants exposed to the highest cardiac glycosides concentration (50mg/L) for 7 days. In contrast, the roots suffered more severe than the shoots. Root fresh weight were not affected as cardiac glycosides concentration increased from 0 to 30 mg/L, then decreased significantly as cardiac glycosides increased from 40 to 50 mg/L. When exposure time extended to 14 d, the inhibition was weakened gradually and was significant only at 50 mg/L treatment for root fresh weight. However, niclosamide completely inhibited seedling development. These data indicated that cardiac glycosides could be an environmental friendly and effective molluscicide against *P. canaliculata*.

Key Words: *P. canaliculata*; *N. indicum*; cardiac glycosides; rice seedling; molluscicidal efficacy

福寿螺(*Pomacea canaliculata* Lamarck) 是国家环保总局公布的首批入侵我国 16 种危害最大的外来物种之一。其主要危害是嗜食水稻幼苗,给农业生产带来很大损失^[1]。化学药剂是目前最为有效地防治福寿螺的主要方法,但对人、畜、鱼等多有毒害作用,易造成环境污染^[2]。因此,研制高效、低毒、价廉的植物灭螺剂成为当前国内外灭螺研究的热点和前沿^[3,4]。骆悦等^[5]对 40 种药用或有毒植物甲醇提取物的室内杀螺活性测定结果表明,木荷(*Schima superba*)、黄姜(*Dioscorea zingiberensis*)、博落回(*Macleaya cordata*)等 3 种植物提取物在浓度为 100 mg/L 时,浸杀福寿螺幼螺 48 h,死亡率为 100%;50 mg/L 时,浸杀 72 h,死亡率为 98.28% 以上。曾坤玉等^[6]研究了 4 种与福寿螺同源地的入侵植物的杀螺效果,结果表明五爪金龙(*Ipomoea cairica*)乙醇提取物对福寿螺毒杀作用差异显著,其 100% 毒杀福寿螺的时间为 48h;而化学农药密达按常规施用量,100% 毒杀福寿螺的时间为 118h。提取自 *Artemisia douglasiana* 的 Vulgarone B 对福寿螺 24h 的 LC_{50} 为 $30\mu\text{mol/L}$,其灭螺效果与人工合成灭螺剂四聚乙醛相当^[7]。最近的研究表明,昆诺阿藜(*Chenopodium quinoa*)杀灭福寿螺的有效成分是植物中的皂甙类物质^[8-9]。

夹竹桃(*Nerium indicum* Mill.) 叶片烘干磨成粉末与小麦混合可防止仓库害虫赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*)的侵害,夹竹桃全株提取物或其根、茎、叶、花提取物对黄猩猩果蝇(*Drosophila hydei*)、米象(*Sitophilus oryzae*)、绿豆象(*Callosobruchus chinensis*)、四纹豆象(*Callosobruchus maculatus*)和二化螟(*Chilo suppressalis*)均有生物活性^[10]。夹竹桃提取物也具有显著杀灭钉螺的作用^[11-12]。

筛选实验发现,夹竹桃水浸液具有很强的灭螺作用。为此,本文进一步研究了夹竹桃有效化学成分皂甙对福寿螺的毒杀效果,并进一步研究对水稻幼苗的保护作用,为研发高效、低毒的植物杀螺剂提供技术方案,为开发仿生灭螺剂提供理论依据,并为寻找新的灭螺植物资源提供参考信息。

1 材料与方法

1.1 实验材料

福寿螺采自温州市郊水田。夹竹桃新鲜叶采自温州大学校园内。氯硝柳胺(贝螺杀,250g/L EC)购自拜耳公司。

1.2 夹竹桃皂甙的提取

夹竹桃皂甙的提取按王万贤等^[11]的方法。将夹竹桃新鲜叶洗净,加 75% 乙醇适量灭活,搅碎后,用 10 倍于鲜叶重量的 70%—75% 乙醇加热至 70 °C 温浸 12 h,提取 3 次后去除残渣,减压回收乙醇,沉淀过滤除

杂;接着用乙醚处理浓缩滤液,弃醚层;再在水溶液中加入饱和碱式醋酸铅水溶液,过滤去沉淀;然后将滤液通入 H_2S 气体之后再次过滤去沉淀;浓缩滤液静置可析出结晶或快速风干成固体状物质,便得到夹竹桃皂甙。从 100 g 新鲜叶中获得 0.0402 g 夹竹桃皂甙。

1.3 不同浓度的夹竹桃皂甙对福寿螺的杀灭效果及其对水稻幼苗存活率的影响

将夹竹桃皂甙按 5、10、20、40mg/L 配制成 4 个不同浓度梯度的处理溶液进行试验,另设推荐使用的 0.156g/L 氯硝柳胺的水溶液^[9]和无氯清水为对照。在直径为 35cm 的塑料盆中分别加入 1000 g 已灭菌的水稻土和 650 mL 含不同浓度的处理溶液,使溶液的液面高于水稻土约 2cm。然后在每个塑料盆中随机放入 10 个壳高为 10—30mm,已喂养 3d 的福寿螺,再在每个塑料盆中移栽 15 株株高为 4—5cm 的水稻幼苗。每 1 处理 3 个重复。试验期间平均温度为 30℃。分别在处理 24 h 和 48 h 检查福寿螺的死亡数和水稻幼苗的存活数。

1.4 夹竹桃皂甙对不同大小福寿螺的杀灭效果及其对水稻幼苗存活率的影响

在 1.3 的研究基础上,将夹竹桃皂甙按 30、40、50mg/L 配制成 3 个不同浓度梯度的处理溶液进行试验,另设 0.156g/L 氯硝柳胺的水溶液和无氯清水为对照。在直径为 35cm 的塑料盆中分别加入 1000 g 已灭菌的水稻土和 650 mL 含不同浓度的处理溶液,使溶液的液面高于水稻土约 2cm。然后在每个塑料盆中分别放入 10 个壳高 $h < 10\text{mm}$, $10 \leq h < 20\text{mm}$, $20 \leq h < 30\text{mm}$, $30 \leq h < 40\text{mm}$ 和 $h \geq 40\text{mm}$ 的福寿螺和移栽 15 株株高为 4—5cm 的水稻幼苗。每 1 处理 3 个重复。试验期间平均温度为 30℃。分别在处理 24 h 和 48 h 检查福寿螺的死亡数和水稻幼苗的存活数。

1.5 夹竹桃皂甙对水稻幼苗鲜重的影响

2009 年 4 月于温州大学温室中进行实验,将水稻种子(汕优 63)经 3% 甲醛灭菌 10min 后,用二次蒸馏水冲洗数次,在人工气候箱中(25 ± 1)℃下进行种子萌发。种子萌发后转移至直径为 15cm 的塑料碗中用石英砂固定,浇以 Hoagland 培养液,在自然光照下进行培养,温度为 30—35℃。水稻幼苗长至 3 叶时,转移至水培。在直径为 15cm 的塑料盆中装满 500mL 的 Hoagland 培养液,用吹塑纸作固定板,用打孔器打孔并用海绵将水稻幼苗固定在吹塑纸上,每盆栽种 20 株。待水稻幼苗长至株高为 4—5cm 后,间苗至每盆 10 株。分别加入 500mL 含 30、40、50mg/L 皂甙的 Hoagland 培养液,以 0.156g/L 氯硝柳胺的水溶液和无氯清水为对照。每处理共需 6 盆(3 个重复 $\times$ 2 批收获)。分别在 7d 和 14d 收获,用二次蒸馏水冲洗干净,再用吸水纸吸干表面水分,然后将植物分为根部和地上两部分,分别测定其鲜重。

1.6 统计分析

实验结果以平均数 $\pm$ 标准偏差($\text{Mean} \pm \text{SD}$)来表示,用 SPSS12.0 统计软件对试验数据进行单因素方差分析和最小显著差法(LSD)显著性检验,不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 不同浓度皂甙对福寿螺的杀螺效果及其对水稻幼苗存活率的影响

如表 1 所示,随着皂甙浓度的增加和处理时间的延长,福寿螺死亡率呈上升趋势。当皂甙的处理浓度为 20mg/L 时,48 h 的福寿螺死亡率高达 75%,其值为 10mg/L 处理 48 h 的 3.6 倍。40mg/L 皂甙处理 48 h 后达到最高值,为 95.8%。

从表 1 还可以看出,在不同浓度的皂甙处理下,水稻幼苗的存活率表现出显著的不同。在整个实验期间,5mg/L 皂甙处理与对照组相比无显著差异。当皂甙的处理浓度 $\geq 10\text{mg/L}$ 时,水稻幼苗的存活率随皂甙处理浓度的增加而逐渐增加,如 40mg/L 皂甙处理 48 h 的幼苗幸存率为 10mg/L 皂甙处理 48 h 的 3.2 倍。

2.1 皂甙对不同大小的福寿螺的杀螺效果及其对水稻幼苗存活率的影响

如表 2 所示,在高效杀灭福寿螺的皂甙浓度范围内,皂甙对福寿螺的杀灭效果与福寿螺的大小有关。不管施用何种浓度的皂甙,皂甙对壳高 $h < 10\text{mm}$ 的福寿螺的杀螺效果最好,40 mg/L 皂甙处理 24h 的福寿螺死亡率高达 73.3%。其次为 $h \geq 40\text{mm}$,40 mg/L 皂甙处理 24h 的福寿螺死亡率为 $h < 10\text{mm}$ 的 72.7%。而皂甙

对 $20 \leq h < 30 \text{ mm}$ 的杀螺效果最差, 40 mg/L 浓度处理 24 h 的死亡率仅为 $h < 10 \text{ mm}$ 的 36.4% 。当 50 mg/L 皂甙处理 48 h 时,不同大小的福寿螺的死亡率都达 100% ,其效果与 16 L 水含 10 mL 氯硝柳胺的水溶液相当。

表 1 不同浓度皂甙对福寿螺的毒杀效果及其对水稻幼苗存活率的影响

Table 1 Efficacy of different cardiac glycoside concentration against *P. canaliculata* and its effects on the remaining rates of rice seedlings

皂甙浓度 Cardiac glycoside concentration/(mg/L)	幼苗幸存率/% Remaining seedlings		福寿螺死亡率/% Dead <i>P. canaliculata</i>	
	24 h	48 h	24 h	48 h
0	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
5	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
10	46.7±5.8b	26.7±5.8b	0.0±0.0a	20.8±7.2b
20	73.3±5.8c	53.3±5.8c	25.0±0.0b	75.0±12.5c
40	90.0±10.0d	83.3±5.8d	37.5±12.5c	95.8±7.2d
氯硝柳胺 Niclosamide	100.0±0.0e	100.0±0.0e	70.8±7.2d	100.0±0.0d

氯硝柳胺为 0.156 g/L 氯硝柳胺的水溶液;表中数值为 3 个重复的平均值±标准差,同一列数据不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$)

表 2 皂甙对不同大小(壳高)的福寿螺的杀螺效果及其对水稻幼苗存活率的影响

Table 2 Efficacy of cardiac glycoside concentration against *P. canaliculata* of different sizes (shell height) and its effects on the remaining rates of rice seedlings

皂甙浓度 Cardiac glycoside concentration/(mg/L)	福寿螺大小/mm GAS size	幼苗幸存率/% Remaining seedlings		福寿螺死亡率/% Dead <i>P. canaliculata</i>	
		24 h	48 h	24 h	48 h
0	$h < 10$	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
	$10 \leq h < 20$	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
	$20 \leq h < 30$	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
	$30 \leq h < 40$	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
	$h \geq 40$	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a	0.0±0.0a
30	$h < 10$	88.9±10.2c	66.7±0.0c	66.7±5.8d	86.7±5.8c
	$10 \leq h < 20$	66.7±6.7ab	55.6±10.2bc	33.3±5.8bc	63.3±5.8b
	$20 \leq h < 30$	53.3±6.7a	37.7±7.7a	20.0±0.0a	50.0±10.0a
	$30 \leq h < 40$	71.1±3.8b	46.7±6.7ab	26.7±5.8ab	66.7±5.8b
	$h \geq 40$	82.2±13.9bc	66.7±6.7c	40.0±10.0c	83.3±5.8c
40	$h < 10$	100.0±0.0c	97.8±3.8c	73.3±5.8c	100.0±0.0b
	$10 \leq h < 20$	84.4±3.8ab	75.6±3.8b	36.7±11.5a	93.3±5.8ab
	$20 \leq h < 30$	75.6±10.2a	60.0±6.7a	26.7±11.5a	86.7±5.8a
	$30 \leq h < 40$	86.7±6.7b	73.3±6.7b	33.3±5.8a	93.3±11.5ab
	$h \geq 40$	100.0±0.0c	95.6±7.7c	53.3±15.3b	100.0±0.0b
50	$h < 10$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	86.7±5.8d	100.0±0.0a
	$10 \leq h < 20$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	66.7±5.8b	100.0±0.0a
	$20 \leq h < 30$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	53.3±5.8a	100.0±0.0a
	$30 \leq h < 40$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	63.3±5.8ab	100.0±0.0a
	$h \geq 40$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	73.3±5.8bc	100.0±0.0a
氯硝柳胺 Niclosamide	$h < 10$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	83.3±5.8b	100.0±0.0a
	$10 \leq h < 20$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	76.7±11.5ab	100.0±0.0a
	$20 \leq h < 30$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	60.0±10.0a	100.0±0.0a
	$30 \leq h < 40$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	70.0±10.0ab	100.0±0.0a
	$h \geq 40$	100.0±0.0a	100.0±0.0a	83.3±15.3b	100.0±0.0a

氯硝柳胺为 0.156 g/L 氯硝柳胺的水溶液;表中数值为 3 个重复的平均值±标准差,同一列数据不同字母代表差异显著 ($P < 0.05$)

从表 2 还可以看出,对同一皂甙处理浓度来说,皂甙对投放壳高 $h < 10 \text{ mm}$ 的福寿螺的水稻幼苗的存活率最高, 40 mg/L 皂甙处理 48 h 的幼苗幸存率高达 97.8% 。而对投加 $20 \leq h < 30 \text{ mm}$ 的福寿螺的水稻幼苗的存活

率最低, 40mg/L 皂甙处理 48 h 的幼苗幸存率仅为 60.0%。当皂甙处理浓度达 50mg/L 时, 处理 48h 的水稻幼苗幸存率都为 100%, 其效果与 0.156g/L 氯硝柳胺的水溶液相当。

3.3 皂甙对水稻幼苗鲜重的影响

不同浓度的皂甙对水稻幼苗根部鲜重的影响如图 1(A) 所示。30mg/L 的皂甙处理 7d 后, 水稻幼苗根部生物量与对照组相比无显著差异 ($P>0.05$); 40mg/L 的皂甙处理 7d 后, 水稻幼苗根部相对生长速率显著低于对照组 ($P<0.05$), 且根部生物量在 50mg/L 的皂甙浓度处理下达到最低, 仅为对照组的 62.9%。在 30mg/L、40mg/L 皂甙处理 14d 后, 地上部分生物量与对照组无显著差异 ($P>0.05$), 只有在 50mg/L 皂甙浓度处理下下降到 0.17g, 与对照组的差异也达到了显著水平 ($P<0.05$)。

如图 1(B) 所示, 在 30mg/L、40mg/L 皂甙处理 7d 后, 地上部分生物量有下降的趋势, 但与对照组无显著差异 ($P>0.05$), 仅 50mg/L 皂甙处理与对照组的差异达显著水平 ($P<0.05$), 为对照组的 91.0%。而不同浓度的皂甙处理 14d 后, 地上部分生物量与对照组相比全部无显著差异 ($P>0.05$)。

此外, 在 0.156g/L 氯硝柳胺水溶液处理下, 水稻幼苗停止生长, 整个根系呈黑褐色, 叶片出现失绿、发黄等枯死症状。

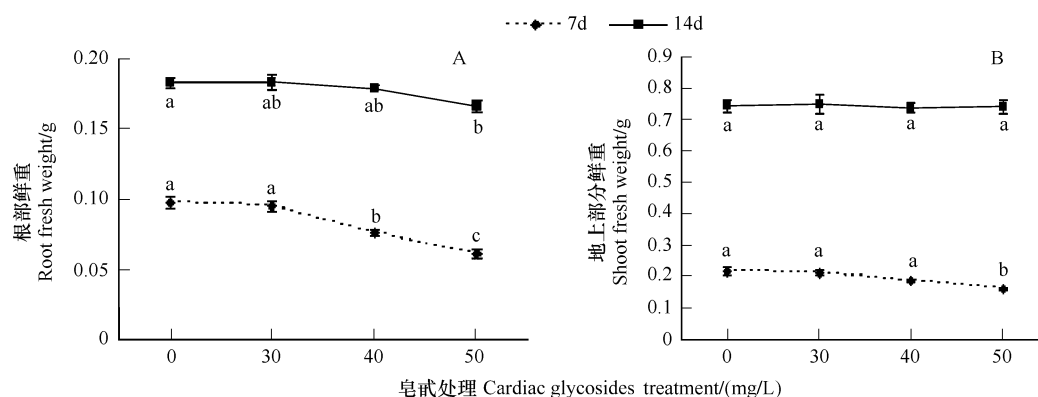


图 1 皂甙对水稻幼苗根部和地上部分鲜重的影响

Fig. 1 Effect of cardiac glycoside concentrations on root and shoot fresh weight of rice seedlings

3 讨论

本试验结果表明, 夹竹桃皂甙对福寿螺的杀灭效果与皂甙浓度呈正相关, 浓度越高杀灭效果越明显 (表 1, 表 2), 其中 50mg/L 浓度皂甙处理 48h 的致死率达 100%, 与 0.156g/L 氯硝柳胺溶液的灭螺效果相当, 说明夹竹桃皂甙对福寿螺有极高的毒杀作用。尽管其灭螺机理尚需进一步研究, 但是王万贤等^[11]对夹竹桃皂甙对钉螺杀灭机理的研究表明, 夹竹桃皂甙可显著地降低钉螺体内的糖原、蛋白质的含量和解毒酶酯酶的活性。而透射电镜观察结果显示, 40mg/L 夹竹桃皂甙浓度处理 24h 后钉螺肝细胞核肿胀, 核仁消失, 核质稀疏, 内质网断裂, 线粒体增多; 当处理时间延长到 48h 时, 损伤加重, 内质网几乎全部囊泡化, 细胞核开始破裂, 线粒体也破裂, 从而降低了肝的解毒能力, 最终可能导致钉螺中毒死亡^[13]。

皂甙对福寿螺的杀灭效果与福寿螺的大小有关。皂甙对壳高 $h<10\text{mm}$ 的福寿螺的杀螺效果最好, 而对 $20\leq h<30\text{mm}$ 的杀螺效果最差 (表 2)。究其原因, 可能与福寿螺的不同发育阶段有关。皂甙作为植物源农药, 可在动物体内迅速代谢失活, 而幼螺体内组织器官发育不完全或某些解毒酶系统缺乏, 从而皂甙对幼螺的毒性较大。福寿螺进入老龄后, 一些酶的活性下降, 对化学物的代谢功能逐渐衰退, 因而对化学物毒性的反应与幼螺相似^[14]。是否如此, 还需进一步研究。

水稻幼苗存活率随着皂甙浓度的增加而显著增加 (表 1, 表 2), 说明皂甙可通过毒杀福寿螺从而减少福寿螺取食水稻幼苗的量。此外, 低浓度皂甙处理 24h 的福寿螺死亡率较低, 但水稻幼苗的存活率也较高 (表 1), 其可能原因是低浓度的皂甙能使福寿螺的厣甲关闭, 从而减少了对水稻幼苗的取食所致。

生物量是植物生长发育的各种生命活动受影响后的综合表现,是反映植物生长发育的重要指标^[15-16]。与对照相比,高浓度的皂甙处理 7d 使水稻幼苗根部和地上部分的生物量显著下降;当处理时间延长到 14d 时,水稻幼苗根部和地上部分的生物量受到的抑制作用逐渐减弱,尤其是地上部分生物量与对照组相比全部无显著差异(图 1),这与昆诺阿藜皂甙对水稻幼苗株高的影响所得到的结果一致^[9]。然而,在氯硝柳胺水溶液处理下,水稻幼苗停止生长。上述结果进一步说明夹竹桃皂甙作为生物源类药物,与对照化学灭螺剂氯硝柳胺相比,在试验剂量下对水稻基本安全,值得在生产上推广使用。此外,水稻幼苗根部鲜重受到的抑制程度明显高于地上部分(图 1),这一现象可能与根的生理作用有关。根是直接和夹竹桃皂甙接触的器官,根系实际受到胁迫的浓度要高于地上部,因而根系往往是受害最严重的器官之一^[17]。

总的来说,夹竹桃皂甙对福寿螺具有极高的毒杀作用,其中对幼螺的杀灭效果最好,因此若在福寿螺幼螺期施用此药,能达到很好的灭螺效果。与对照药剂相比,夹竹桃皂甙对环境较友好,但夹竹桃皂甙浓度达 50mg/L 时,可能导致水稻幼苗根部生长受到暂时性抑制,因此,还需要综合考察药剂使用后对水稻产量与品质的影响,以全面评价夹竹桃皂甙对水稻的安全性。

References:

- [1] Dreon M S, Schinella G, Heras H, Pollero R J. Antioxidant defense system in the apple snail eggs, the role of overubin. Archives of Biochemistry and Biophysics, 2004, 422(1): 1-8.
- [2] Teo S S. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. Crop Protection, 2001, 20(7): 599-604.
- [3] Singh A, Singh D K, Misra T N, Agarwal R A. Molluscicides of the plant origin. Biological Agriculture and Horticulture, 1996, 13 (3): 205-252.
- [4] Melendez P A, Capriles V A. Molluscicidal activity of plants from puerto rico. Animals of Tropical Medicine and Parasitology, 2002, 96(2): 209-218.
- [5] Luo Y, Zeng X N, Ju J H, Zhang S, Wu S Z. Molluscicidal activity of the methanol extracts of 40 species of plants. Plant Protection, 2005, 31 (1): 31-34.
- [6] 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 *Ampulla riagigas* (golden snail) on its behaviors and killing activity. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(1): 260-266.
- [7] Joshi R C, Meepagala K M, Sturtz G, Cagauan A G, Mendoza C O, Dayan F E, Duke S O. Molluscicidal activity of Vulgarone B from *Artemisia douglasiana* (Besser) against the invasive, alien, mollusc pest, *Pomacea canaliculata* (Lamarck). International Journal of Pest Management, 2005, 51 (3): 175-180.
- [8] SanMartín R, Ndjoko K, Hostettmann K. Novel molluscicide against *Pomacea canaliculata* based on quinoa (*Chenopodium quinoa*) saponins. Crop Protection, 2008, 27(3/5): 310-319.
- [9] Joshua R C, San Martín R, Saez-Navarrete C, Alarcón 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.
- [10] Zheng X S, Yu X P, Lu Z X, Chen J M, Xu H X, Zhang J F, Ye G Y. Bioactivity of leaf crude extracts of oleander *Nerium indicum* striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker). Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2003, 15 (3): 167-171.
- [11] Wang W X, Yang Y, Wang H, Shu L H, Zhang Y, Zhang J L, Hou J H. Effect of cardiac glycosides from *Nerium indicum* on *Oncomelania hupensis*. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(3): 954-959.
- [12] Wang W X, Yang Y, Wang H, Shu L H, Zhang Y, Zhang J L, Hou J H. Allelopathic potential of *Nerium indicum* on *Oncomelania hupensis*. Allelopathy Journal, 2008, 21 (2): 405-410.
- [13] Wang W X, Zhang Y, Yang Y, Tang W P, Sun Q X, Zhang X D, Hu X Y, Yi W L, Jiang H D, Chen W. Reaction of *Oncomelania hupensis* to molluscicidal activity of the triterpenesaponins from *Nerium indicum*. Acta Zoologica Sinica, 2008, 54(3): 489-499.
- [14] Meng Z Q. Basic of Environmental Toxicology. Beijing: Higher Education Press, 2003: 60-61.
- [15] Naumann B, Eberius M, Appenroth K J. Growth rate based dose-response relationships and EC-values of ten heavy metals using the duckweed growth inhibition test (ISO 20079) with *Lemna minor* L. clone St. Journal of Plant Physiology, 2007, 164 (12): 1656-1664.
- [16] Mishra S, Srivastava S, Tripathi R D, Govindarajan R, Kuriakose S V, Prasad M N. Phytochelatin synthesis and response of antioxidants during

cadmium stress in *Bacopa monnieri* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2006, 44 (1): 25-37.

- [17] Xiong Z T. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 1998, 60 (2): 285-291.

参考文献:

- [5] 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.
- [6] 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.
- [10] 郑许松, 俞晓平, 吕仲贤, 陈建明, 徐红星, 张珏锋, 叶恭银. 夹竹桃叶提取物对茭白二化螟的生物活性. *浙江农业学报*, 2003, 15(3): 167-171.
- [11] 王万贤, 杨毅, 王宏, 舒丽慧, 张勇, 张佳磊, 侯金华. 夹竹桃强心总甙灭螺活性与机理. *生态学报*, 2006, 26(3): 954-959.
- [13] 王万贤, 张勇, 杨毅, 唐万鹏, 孙启祥, 张旭东, 胡兴宜, 尹蔚琳, 江惠东, 陈文. 钉螺对夹竹桃化感物质三萜总皂甙毒理作用的反应. *动物学报*, 2008, 54 (3): 489-499.
- [14] 孟紫强. *环境毒理学基础*. 北京: 高等教育出版社, 2003: 60-61.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 7 April, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Seasonal variation of soil nitrogen pools and microbes under natural evergreen broadleaved forest and its artificial regeneration forests in Southern Sichuan Province, China	GONG Wei, HU Tingxing, WANG Jingyan, et al (1763)
Sensitivity analysis for main factors influencing <i>NPP</i> of forests simulated by IBIS in the eastern area of Northeast China	LIU Xi, GUO Qingxi, LIU Jingwei (1772)
Diurnal changes of photosynthetic characteristics of <i>Hippophae rhamnoides</i> and the relevant environment factors at different slope locations	JIN Tiantian, FU Bojie, LIU Guohua, et al (1783)
Interactive effects of nitrogen and sulfur on the reproduction, biomass accumulation and allocation of the clonal plant <i>Spartina alterniflora</i>	GAN Lin, ZHAO Hui, QING Hua, et al (1794)
Difference in leaf photosynthetic capacity between pima cotton (<i>Gossypium barbadense</i>) and upland cotton (<i>G. hirsutum</i>) and analysis of potential constraints	ZHANG Yali, YAO Hesheng, LUO Yi, et al (1803)
Effects of shades on the photosynthetic characteristics and chlorophyll fluorescence parameters of <i>Forsythia suspensa</i>	WANG Jianhua, REN Shifu, SHI Baosheng, et al (1811)
Growth and metal uptake of three woody species in lead/zinc and copper mine tailing	SHI Xiang, CHEN Yitai, WANG Shufeng, et al (1818)
GMP particles size distribution in grains of wheat in relation to application of nitrogen fertilizer	WANG Guangchang, WANG Zhenlin, CUI Zhiqing, et al (1827)
Damaging mechanisms of peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) photosystems caused by high-temperature and drought under high irradiance	QIN Liqin, ZHANG Yueli, GUO Feng, et al (1835)
The effect of natural factors and disturbance intensity on spacial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow	WEN Lu, DONG Shikui, ZHU Lei, et al (1844)
Modeling changes of net primary productivity of karst vegetation in southwestern China using the CASA model	DONG Dan, NI Jian (1855)
The characteristics of <i>Magnolia liliflora</i> transpiration and its impacting factors in Beijing City	WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (1867)
Ecological effects of balanced fertilization on red earth paddy soil with P-deficiency	CHEN Jianguo, ZHANG Yangzhu, ZENG Xibai, et al (1877)
Effects of planting patterns on water use efficiency in winter wheat	QI Lin, CHEN Yuhai, ZHOU Xunbo, et al (1888)
Nitrous oxide emissions from winter wheat field in the Loess Plateau	PANG Junzhu, WANG Xiaoke, MU Yujing, et al (1896)
Effects of hardening by pre-anthesis waterlogging on grain yield and quality of post-anthesis waterlogged wheat (<i>Triticum aestivum</i> L. cv Yangmai 9)	LI Chengyong, CAI Jian, JIANG Dong, et al (1904)
Effects of simulated acid rain with lower S/N ratio on gas exchange and membrane of three dominant species in subtropical forests	FENG Lili, YAO Fangfang, WANG Xihua, et al (1911)
Molluscicidal efficacy of <i>Nerium indicum</i> cardiac glycosides on <i>Pomacea canaliculata</i> and its effects on rice seedling	DAI Lingpeng, LUO Weihua, WANG Wanxian (1918)
Spatial gradients pattern of landscapes and their relations with environmental factors in Haihe River basin	ZHAO Zhixuan, ZHANG Biao, JIN Xin, et al (1925)
The assessment of forest ecosystem services evaluation for shrubbery-economic forest-bamboo forest in China	WANG Bing, WEI Jiangsheng, HU Wen (1936)
Evaluation on service value of ecosystem of Peri-urban transition zone lake: a case study of Yandong Lake in Wuhan City	WANG Fengzhen, ZHOU Zhixiang, ZHENG Zhongming (1946)
Explaining the abundance-distribution relationship of plant species with niche breadth and position in the Yellow River Delta	YUAN Xiu, MA Keming, WANG De (1955)
Forestland boundary dynamics based on an landscape accessibility analysis in Guangzhou, China	ZHU Yaojun, WANG Cheng, JIA Baoquan, et al (1962)
Changes in invasion characteristics of <i>Dendroctonus valens</i> after introduction into China	PAN Jie, WANG Tao, WEN Junbao, et al (1970)
Population genetic diversity in Tibet red deer (<i>Cervus elaphus wallichi</i>) revealed by mitochondrial <i>Cyt b</i> gene analysis	LIU Yanhua, ZHANG Minghai (1976)
Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances	YUAN Shuai, WU Xiaodong, FU Heping, et al (1982)
Cave-site selection of Qinling zokors with their prevention and control	LU Qingbin, ZHANG Yang, ZHOU Caiquan (1993)
The habitat characteristics of Eurasian badger in Beijing-Hangzhou Grand Canal embankment	YIN Baofa, LIU Yuqing, LIU Guoxing, et al (2002)
Review and Monograph	
Electron transfer mechanism of extracellular respiration: a review	MA Chen, ZHOU Shungui, ZHUANG Li, et al (2008)
The biochemical mechanism and application of anammox in the wastewater treatment process	WANG Hui, LIU Yanping, TAO Ying, et al (2019)
Discussion	
Evaluation of the forest ecosystem services in Haihe River Basin, China	BAI Yang, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (2029)
Scientific Note	
Effects of body size and salinity on oxygen consumption rate and ammonia excretion rate of <i>Macra chinensis</i> Philippi	ZHAO Wen, WANG Yaqian, WEI Jie, et al (2040)
Study on microzooplankton grazing in shrimp pond among middle and late shrimp culture period	ZHANG Litong, SUN Yao, ZHAO Congming, et al (2046)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊★

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1~9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 7 期 (2011 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 7 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