

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

中国生态学会2011年学术年会专辑



第31卷 第19期 Vol.31 No.19 **2011**

中国生态学会
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 19 期

2011 年 10 月 (半月刊)

目 次

卷首语	本刊编辑部 (I)
我国生态学研究及其对社会发展的贡献	李文华 (5421)
生态学的现任务——要在混乱和创新中前进	蒋有绪 (5429)
发展的生态观:弹性思维	彭少麟 (5433)
中国森林土壤碳储量与土壤碳过程研究进展	刘世荣,王 晖,栾军伟 (5437)
区域尺度陆地生态系统碳收支及其循环过程研究进展	于贵瑞,方华军,伏玉玲,等 (5449)
流域尺度上的景观格局与河流水质关系研究进展	刘丽娟,李小玉,何兴元 (5460)
中国珍稀濒危孑遗植物珙桐种群的保护	陈 艳,苏智先 (5466)
水资源投入产出方法研究进展	肖 强,胡 聃,郭 振,等 (5475)
我国害鼠不育控制研究进展	刘汉武,王荣欣,张凤琴,等 (5484)
基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究	李辉霞,刘国华,傅伯杰 (5495)
毛乌素沙地克隆植物对风蚀坑的修复	叶学华,董 鸣 (5505)
近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征	王麒麟,范晓辉,王孟本 (5512)
森林资源可持续状况评价方法	崔国发,邢韶华,姬文元,等 (5524)
黄土丘陵区景观格局对水土流失过程的影响——景观水平与多尺度比较	王计平,杨 磊,卫 伟,等 (5531)
未来 10 年黄土高原气候变化对农业和生态环境的影响	俄有浩,施 茜,马玉平,等 (5542)
山东近海生态资本价值评估——近海生物资源现存量价值	杜国英,陈 尚,夏 涛,等 (5553)
山东近海生态资本价值评估——供给服务价值	王 敏,陈 尚,夏 涛,等 (5561)
特大冰冻灾害后大明山常绿阔叶林结构及物种多样性动态	朱宏光,李燕群,温远光,等 (5571)
低磷和干旱胁迫对大豆植株干物质积累及磷效率的影响	乔振江,蔡昆争,骆世明 (5578)
中国环保模范城市生态效率评价	尹 科,王如松,姚 亮,等 (5588)
污染足迹及其在区域水污染压力评估中的应用——以太湖流域上游湖州市为例	焦雯珺,闵庆文,成升魁,等 (5599)
近二十年来上海不同城市空间尺度绿地的生态效益	凌焕然,王 伟,樊正球,等 (5607)
城市社区尺度的生态交通评价指标	戴 欣,周传斌,王如松,等 (5616)
城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例	李 锋,叶亚平,宋博文,等 (5623)
中国居民消费隐含的碳排放量变化的驱动因素	姚 亮,刘晶茹,王如松 (5632)
煤矿固废资源化利用的生态效率与碳减排——以淮北市为例	张海涛,王如松,胡 聃,等 (5638)
城市遮阴环境变化对大叶黄杨光合过程的影响	于盈盈,胡 聃,郭二辉,等 (5646)
广东永汉传统农村的聚落生态观	姜雪婷,严力蛟,后德仟 (5654)
长江三峡库区昆虫丰富度的海拔梯度格局——气候、土地覆盖及采样效应的影响	刘 晔,沈泽昊 (5663)
东南太平洋智利竹筴鱼资源和渔场的时空变化	化成君,张 衡,樊 伟 (5676)
豚草入侵对中小型土壤动物群落结构特征的影响	谢俊芳,全国明,章家恩,等 (5682)

我国烟粉虱早春发生与秋季消退·····	陈春丽, 鄧军锐, 戈 峰, 等 (5691)
变叶海棠及其伴生植物峨眉小檗的水分利用策略 ·····	徐 庆, 王海英, 刘世荣 (5702)
杉木人工林不同深度土壤 CO ₂ 通量·····	王 超, 黄群斌, 杨智杰, 等 (5711)
不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应·····	赵 兰, 骆世明, 黎华寿, 等 (5720)
短期寒潮天气对福州市绿地土壤呼吸及组分的影响·····	李熙波, 曾文静, 李金全, 等 (5728)
黄土丘陵沟壑区景观格局对流域侵蚀产沙过程的影响——斑块类型水平·····	王计平, 杨 磊, 卫 伟, 等 (5739)
气候变化对物种分布影响模拟中的不确定性组分分割与制图——以油松为例·····	张 雷, 刘世荣, 孙鹏森, 等 (5749)
北亚热带马尾松年轮宽度与 NDVI 的关系 ·····	王瑞丽, 程瑞梅, 肖文发, 等 (5762)
物种组成对高寒草甸植被冠层降雨截留容量的影响·····	余开亮, 陈 宁, 余四胜, 等 (5771)
若尔盖湿地退化过程中土壤水源涵养功能 ·····	熊远清, 吴鹏飞, 张洪芝, 等 (5780)
桂西北喀斯特峰丛洼地不同植被演替阶段的土壤脲酶活性·····	刘淑娟, 张 伟, 王克林, 等 (5789)
利用混合模型分析地域对国内马尾松生物量的影响 ·····	符利勇, 曾伟生, 唐守正 (5797)
火烧对黔中喀斯特山地马尾松林土壤理化性质的影响·····	张 喜, 朱 军, 崔迎春, 等 (5809)
不同培育时间侧柏种基盘苗根系生长和分布·····	杨喜田, 董娜琳, 闫东锋, 等 (5818)
Cd ²⁺ 与 CTAB 复合污染对枫香幼苗生长与生理生化特征的影响 ·····	章 芹, 薛建辉, 刘成刚 (5824)
3 种入侵植物叶片挥发物对早稻幼苗根的影响 ·····	张凤娟, 徐兴友, 郭艾英, 等 (5832)
米槠-木荷林优势种群的年龄结构及其更新策略 ·····	宋 坤, 孙 文, 达良俊 (5839)
褐菖鲉肝 CYP 1A 作为生物标志物监测厦门海域石油污染状况 ·····	张玉生, 郑榕辉, 陈清福 (5851)
基于输入-输出流分析的生态网络 φ 模式能流 ρ 模式能流测度方法 ·····	李中才, 席旭东, 高 勤, 等 (5860)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 444 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 50 * 2011-10	



封面图说: 胡杨是我国西北干旱沙漠地区原生的极其难得的高大乔木, 树高 15—30 米, 能忍受荒漠中的干旱环境, 对盐碱有极强的忍耐力。为适应干旱气候一树多态叶, 因此胡杨又称“异叶杨”。它对于稳定荒漠河流地带的生态平衡, 防风固沙, 调节绿洲气候和形成肥沃的森林土壤具有十分重要的作用。秋天的胡杨林一片金光灿烂。

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

赵兰, 骆世明, 黎华寿, 贺鸿志, 陈桂葵, 秦俊豪. 不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应. 生态学报, 2011, 31 (19): 5720-5727.
Zhao L, Luo S M, Li H S, He H Z, Chen G K, Qin J H. Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail *Pomacea canaliculata* and *Crown conchs*. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (19): 5720-5727.

不同浓度下四种除草剂对福寿螺和坑螺的生态毒理效应

赵 兰^{1,3}, 骆世明^{1,2}, 黎华寿^{1,2,*}, 贺鸿志^{1,2}, 陈桂葵^{1,2}, 秦俊豪^{1,2}

(1. 华南农业大学农业部生态农业重点开放实验室, 广州 510642; 2. 广东省高等学校农业生态与农村环境重点实验室, 广州 510642;

3. 福建省泉州市永春县农业科学研究所, 泉州 362601)

摘要:以化学除草剂应用为前提的水稻免耕抛秧栽培技术是近年来推广的节本栽培新技术。为更好地评价除草剂的环境风险, 为防治除草剂的负效应提供科学依据, 采用室内静水模拟实验研究了 4 种免耕稻田除草剂丁草胺、苄嘧磺隆、丁苄混剂和氯酸钾的 3 种浓度梯度下对典型水生动物福寿螺、坑螺的影响。结果表明, 各除草剂对水生动物的代谢都有不同程度的影响, 氯酸钾和苄嘧磺隆对 2 种水生动物的呼吸作用影响不大, 而丁草胺和丁苄混剂对 3 种水生动物的呼吸作用的影响有显著的抑制作用, 且呈现一定的剂量效应; 在本实验染毒剂量下, 丁草胺和丁苄混剂对 2 种水生动物的存活率影响很大, 而氯酸钾和苄嘧磺隆对其存活率影响较小。丁草胺和丁苄混剂处理对福寿螺的氮代谢影响远远大于氯酸钾和苄嘧磺隆处理, 而从水体总氮和总磷含量的影响来看, 4 种除草剂对其影响都较大。总之, 从 4 种除草剂对实验用螺存活率和主要代谢生理指标的综合影响大小来看, 丁草胺>丁苄混剂>苄嘧磺隆>氯酸钾。

关键词:除草剂; 生态毒理; 淡水螺; 福寿螺; 坑螺

Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail *Pomacea canaliculata* and *Crown conchs*

ZHAO Lan^{1,3}, LUO Shiming^{1,2}, LI Huashou^{1,2,*}, HE Hongzhi^{1,2}, CHEN Guikui^{1,2}, QIN Junhao^{1,2}

1 Key Laboratory of Ecological Agriculture of the Ministry of Agriculture, People's Republic of China, Guangzhou 510642, China

2 Key Laboratory of Agroecology and Rural Environment of Guangdong Regular Higher Education Institutions, Guangzhou 510642, China

3 Institute of Agricultural Sciences of Yongchun County, Quanzhou, Fujian Province, Quanzhou 362601, China

Abstract: There has been an increase in the use of other herbicides for both agricultural and non-agricultural purposes. The use of herbicides in China also has increased faster than that of insecticides and fungicides since last 30 years. The new technique of rice seedling-broadcasting with no-tillage (RSB-NT) is widely used and it was based on the application of herbicides. The increasing pollution of herbicides in soil and water has been of concerns. The effect of four herbicides including butachlor, bensulfuron-methyl, the mixture of bensulfuron and butachlor, potassium chlorate on typical aquatic animals (*Pomacea canaliculata* Spix, *Tunnel snail*) in rice paddy wetland were studied in laboratory. In the immersion experiment, both of the aquatic animals divided into four groups with three concentrations. The results showed that the metabolism of them was affected by these herbicides. The respirations of those two aquatic animals were little affected by potassium chlorate and bensulfuron-methyl, but the respirations of them were significantly inhibited by butachlor and the mixture of bensulfuron and butachlor. Butachlor and the mixture of bensulfuron and butachlor have more infection than potassium chlorate and bensulfuron-methyl to the livability of them. The results also indicated that the $\text{NH}_4\text{-N}$, phosphor,

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB100400); 国家自然科学基金项目(30870413)

收稿日期:2011-06-22; **修订日期:**2011-07-11

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

and total nitrogen in water with the aquatic animals were affected by these herbicides. Butachlor and the mixture of bensulfuron and butachlor have more influence on excretion rate and phosphor excretion rate of *Pomacea canaliculata* and *Tunnel snail* were significantly affected by these four herbicides. In conclusion, the results demonstrated that the best choice for herbicides in rice paddy was the mix of bensulfuron and butachlor, the second was bensulfuron-methyl, the third was butachlor and the last was potassium chlorate according to the impacts of herbicides to the typical aquatic organisms in rice wetland.

Key Words: herbicides; eco-toxicological; aquatic snail; *Pomacea canaliculata* Spix; *Tunnel snail*

除草剂已成为世界农业的主要投入品。目前,全球除草剂年总产量折合有效成分约为 70—80 万 t,约占化学农药总产量的 50% 左右,2010 年的统计数据表明,全球除草剂市场已占农药市场总值 290 亿美元的一半以上。全球除草剂销售额逐年上升,超过了杀菌剂和杀虫剂。例如美国、日本的除草剂使用量分别占农药总量的 65% 和 40%。近几年来,美国每年作物播种面积为 1.6 亿 hm^2 ,化学除草面积为 1.44 亿 hm^2 ^[1]。

以除草剂使用为前提的水稻免耕抛秧栽培技术近 10a 在我国得到快速发展,该技术具有省工节本、缓和季节矛盾、减少水土流失、保护土壤结构等优点。2007 年 8 月初,全国农业技术推广服务中心、国际水稻研究所曾联合在广西召开了免耕抛秧国际研讨会,国内外的水稻专家参观了位于阳朔县的示范现场,对广西推广应用这项技术给予了充分的肯定,并决定将这项资源节约型耕作技术推向世界各个水稻生产国家^[2]。

然而,化学除草剂大量和长期应用,也带来了潜在的生态安全和健康风险问题,包括除草剂的土壤残留问题,对食品安全和人类健康的影响,对生物多样性和生态系统的影响等,引起了人们的普遍关注。即使是目前应用非常普遍的除草剂品种也会由于用药剂量过高、施用时期不当、用药时的环境条件不良等因素造成作物产生药害^[3-4]。

水生动物是生态系统的重要组成部分,对稻田等湿地可持续利用具有重要的价值。螺、贝等是稻田生态系统的重要组成部分,也是河沟、湖泊、池塘等湿地生态系统的重要成分,对稻田等湿地的可持续利用具有重要的价值。由于除草剂等化学品在生产和使用过程导致的水体污染必然危及水生生物,进而影响生态系统。因此通过开展除草剂等化学品对水生动物生态毒理研究,一方面可以初步明确有关化学品对稻田生态系统的影响,为除草剂使用提供科学参考,另一方面,水生动物可作为水体污染敏感指示生物应用于水污染检测^[4]。目前,国内外关于除草剂对水生动物影响的研究比较多。如 Hayes 等^[5]的研究发现除草剂会干扰蛙类的性腺发育。国内学者就除草剂对蟾蜍^[6]、虎纹蛙^[7]的急性慢性毒理的试验,证明了丁草胺对两栖类生物的危害。此外,由于鱼及贝类的嗅觉和味觉非常敏锐,它们对除草剂的作用反应也比较敏感^[8]。

螺类更多生活于河溪、池塘、稻田中,而除草剂可通过渗漏和径流进入水体影响其生长,其生态毒理不容忽视;同时可利用这些典型的水生动物进行生物监测和评估长期环境效应。但有关除草剂对螺类影响的研究还鲜有报道。本文采用室内模拟实验研究了不同剂量下 4 种除草剂丁草胺、苄嘧磺隆、丁苄混剂和氯酸钾的对典型水生动物福寿螺、坑螺的影响。其中,丁草胺是中国和世界稻田首选的除草剂与杀稗剂。苄嘧磺隆(bensulfuron-methyl)适用于水稻插秧田和直插田防治阔叶杂草、莎草科杂草,较高剂量下对稗草有抑制作用。苄嘧磺隆具弱酸性($\text{pK}_a=5.2$),土壤对其吸附能力弱^[8-10],苄嘧磺隆的大量使用很容易对地表水、地下水造成污染。Okamoto Yuko 等检测到日本河水、湖水中的苄嘧磺隆浓度大约在 0.1—2.3 mg/L ,意大利水稻种植地区地下水中苄嘧磺隆的浓度可达 0.02 mg/L ^[11-12],苄嘧磺隆对土壤及土壤微生物^[12-13]具有明显的污染效应,对水生生态系统的初级生产者藻类的影响更为明显,其 EC_{50} 为 0.015 mg/L to 6.2 mg/L ,即使在很低的浓度对两种栅藻(*Scenedesmus*)和小球藻(*C. vulgaris*)有显著的毒害作用^[14]。贺鸿志等依据 96 h- EC_{50} 值判断丁草胺对钝顶螺旋藻的毒性大于苄嘧磺隆,二者毒性强度均为中等,但随着染毒时间延长丁草胺的毒性作用增强而苄嘧磺隆的毒性逐渐降低,同时,高浓度的两种除草剂使部分藻丝断裂变短,且诱导藻丝形态由螺旋型向

直线型转变^[15]。丁苄混剂是磺酰脲类和酰胺类两类除草剂的混剂,其有效成分是苄嘧磺隆和丁草胺。氯酸盐则是具有强氧化性的有毒物质,20 世纪氯酸钠曾作为除草剂和脱叶剂大量应用,近年来氯酸钾作为热带果树龙眼(*Dimocarpus longan*)的催花和产期调控剂大量施用^[16]。此外,氯酸盐还应用于烟花炮竹、火药工业、航天工业和饮用水、水产养殖、食品保鲜和废水废气处理等^[17-20]。前期研究表明,氯酸盐对龙眼植株等具有明显的胁迫效应,对植物菌根也有明显毒害效应^[17]。

螺是水生态系统中的重要食物链环节,又是人类重要的食物之一,已被较多应用于生态毒理学方面的研究;但有关除草剂对淡水螺类的影响研究还比较鲜见。污染物对淡水螺类的生态毒理是人们关注的热点之一,本文选择对污染物耐受能力差异大的福寿螺(*Pomacea canaliculata*, Golden Apple snail)和山坑螺(*Crown conchs*, 又名香螺)作为实验材料,就上述 4 种除草剂的生态毒理进行研究。为此,本试验以这两种典型淡水螺为试验生物,为研究除草剂对水生生物的危害程度和作用机理提供基础性资料,同时也为分析评价这 4 种典型除草剂的生态安全性提供相应的毒理学数据。福寿螺原产于南美洲亚马逊河流域。1981 年作为食用螺引入中国,因其适应性强,繁殖迅速,成为危害作物和广州管圆线虫中间寄主的外来入侵物种。福寿螺耐污性强,喜欢生活在饵料充足的淡水中,多集群栖息于池边浅水区,或吸附在水生植物茎叶上,或浮于水面。山坑螺对水质要求高,是一种只能生长于水流清澈、没有污染的山间流动溪水中的黑色螺类,体积小巧,外形尖长呈圆锥形,如小手指大小。螺肉味甘,性寒,无毒;有清肝、养肝和明目、祛“热气”补肾的功效;无泥臭及其它异味,故螺肉嫩滑,味道鲜美;没有血吸虫、广州管圆线虫寄生,是无污染的绿色山珍食品。

2 材料与方法

2.1 试验材料

从采集的生物样品中优选出相同规格的供试生物。福寿螺采集于华南农业大学农学院增城试验基地的稻鱼共作生态系统中,试验螺级为幼螺,平均体重为 0.45 g。山坑螺采集于广东恩平,坑螺平均体重为 2.34 g,个体长为 2.56 cm。

2.2 供试生物和药剂处理

实验设计如下表。分别将供试生物(坑螺、福寿螺)各 10 个放入加有各处理的 250ml 容量瓶中,密封并放入恒温培养箱(28℃)中培养一段时间 8h 后取出,测定各指标。

表 1 除草剂对典型水生动物影响的实验设计表
Table 1 The toxic concentration of supplied herbicides

除草剂处理品种 Treatment of herbicide	浓度 Herbicides concentration (mg/L)			
	CK	A	B	C
丁草胺 Butachlor	0	5	10	20
苄嘧磺隆 Bensulfuron	0	0.7	1.4	2.8
丁苄混剂 Mixture of butyl benzyl	0	2	4	8
氯酸钾 Potassium chlorate	0	20	40	80

本试验中,除草剂各浓度分别用英文字母表示;CK 为对照 Control treatment with no herbicides, A 为参照 1/2 生产用量 With reference to 1 / 2 concentration of herbicides in rice field, B 为参照生产用量 The concentration of herbicides in rice field; C 为 2 倍于生产用施用剂量 2 times of the concentration of herbicides in rice field

2.4 水质指标测试方法

水体溶解氧:直接采用溶解氧仪测定。

水体氨氮、总氮和总磷的测定:均参照国家环境保护总局方法(2002)^[21]。

2.5 数据分析

数据分析用 SPSS13.0 进行方差分析,Duncan 新复极差法进行差异显著性比较。

3 结果与分析

3.1 4 种除草剂对福寿螺的影响

3.1.1 4 种除草剂对福寿螺存活率的影响

由图 1 可以看出:丁草胺和丁苄混剂对福寿螺的影响比较大,丁草胺的中高浓度处理均使福寿螺全部死

亡,而丁草胺的低浓度处理对福寿螺的影响也较大;氯酸钾和苄嘧磺隆处理对福寿螺的影响均不大。

3.1.2 4 种除草剂对福寿螺消耗溶解氧含量的影响

由图 2 各处理的水体中溶解氧浓度的变化可见,低浓度和中浓度的氯酸钾处理对福寿螺呼吸作用有显著抑制作用,即消耗的溶解氧量显著减少,水体溶解氧比 CK 要高,而高浓度处理则对福寿螺呼吸作用有刺激加快作用,即消耗溶解氧量显著增加,造成水体中 DO 下降。丁草胺各处理浓度组溶解氧比 CK 显著下降,可能一方面丁草胺对福寿螺毒害使呼吸作用加快,另一方面丁草胺导致福寿螺中毒死亡后有机物渗出使水中微生物耗氧大量增加,从而大量消耗水中的溶解氧。丁苄混剂各处理浓度对福寿螺消耗溶解氧的影响与丁草胺处理有相同的趋势。低浓度和高浓度的苄嘧磺隆处理对福寿螺呼吸作用有显著抑制作用,即消耗溶解氧显著减少,而中浓度的苄嘧磺隆处理对福寿螺呼吸作用影响不显著。

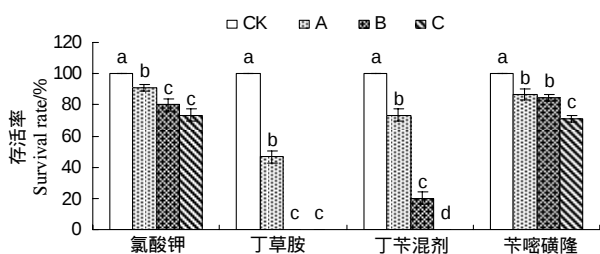


图 1 4 种除草剂对福寿螺存活率的影响

Fig. 1 Effect of four herbicides on livability of *Ampullaria crosseana*

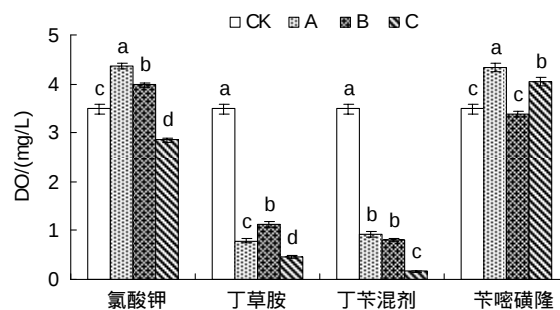


图 2 4 种除草剂对福寿螺消耗溶解氧的影响

Fig. 3 Effect of four herbicides on water's dissolved oxygen (DO) of *Ampullaria crosseana*

3.1.3 4 种除草剂对福寿螺水体氨氮含量的影响

由图 3 可以看出:氯酸钾各浓度处理对螺水体氨氮含量的影响来看,中高浓度处理中氨氮含量显著低于对照,低浓度处理与对照相比差异不显著。丁草胺各浓度处理中,各处理中水体氨氮的含量显著低于对照,且中低浓度的氨氮含量显著低于高浓度处理。丁苄混剂各浓度处理中水体氨氮含量的变化趋势与丁草胺处理相同,即各浓度处理中的氨氮含量显著低于对照。苄嘧磺隆各浓度处理对水体氨氮含量的影响与对照相比差异不显著。

3.1.4 4 种除草剂对福寿螺水体总磷含量的影响

由图 4 可以看出:氯酸钾各浓度处理的水体总磷含量均显著低于对照。丁草胺各浓度处理中,高浓度与对照相比差异不显著,而低浓度和中浓度则显著低于对照。丁苄混剂各浓度处理的水体总磷含量均显著低于对照。苄嘧磺隆各浓度处理对水体总磷含量的影响趋势与丁草胺类似,即高浓度与对照相比差异不显著,而中低浓度对水体总磷含量的影响则是显著低于对照。

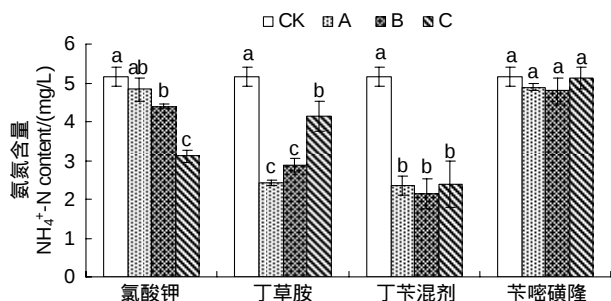


图 3 4 种除草剂对福寿螺水体氨氮的影响

Fig. 3 Effect of four herbicides on water's NH₄-N affected by ammonia excretion of *Ampullaria crosseana*

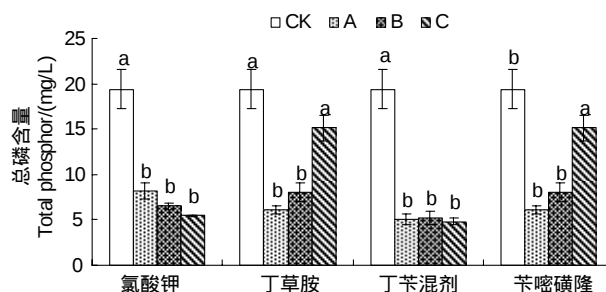


图 4 4 种除草剂对福寿螺水体总磷含量的影响

Fig. 4 Effect of four herbicides on water's phosphor affected by phosphor excretion of *Ampullaria crosseana*

3.2 4 种除草剂对抗螺的影响

3.2.1 4 种除草剂对抗螺存活率的影响

由图 5 可以看出:氯酸钾和苄嘧磺隆各浓度处理对抗螺的影响不大;丁草胺和丁苄混剂各浓度处理对抗螺存活率的影响都很大,且存在显著的剂量效应,即随着浓度的升高,坑螺存活率显著下降。

3.2.2 4 种除草剂对抗螺消耗溶解氧的影响

由图 6 可以看出:中浓度的氯酸钾处理对抗螺消耗 DO 有显著的抑制作用,而低浓度和高浓度与对照相比差异不显著。丁草胺各浓度处理中,除高浓度对 DO 的消耗有显著的促进作用外,其余处理均与对照差异不显著。丁苄混剂各浓度处理都显著的促进了坑螺对 DO 的消耗。苄嘧磺隆各浓度处理中,低浓度对抗螺消耗 DO 有显著的促进作用外,其余均与对照相比差异不显著。

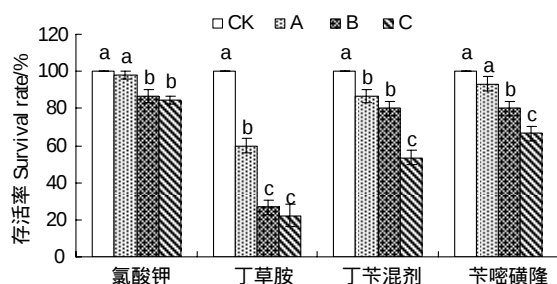


图 5 4 种除草剂对抗螺存活率的影响

Fig. 5 Effect of four herbicides on livability of Tunnel Snail

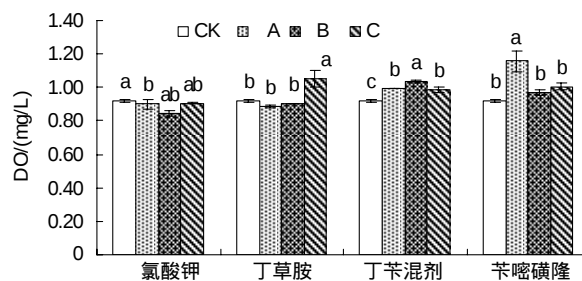


图 6 4 种除草剂对抗螺消耗 DO 的影响

Fig. 6 Effect of four herbicides on water's dissolved oxygen (DO) affected by Tunnel Snail

3.2.3 4 种除草剂对抗螺水体总氮含量的影响

由图 7 可以看出:中浓度和高浓度的氯酸钾处理中水体总氮含量均显著高于对照,而低浓度则刚好相反,其水体总氮含量显著低于对照。低浓度和高浓度的丁草胺处理中水体总氮含量显著高于对照,低浓度的丁草胺处理与对照相比差异不显著。丁苄混剂各浓度处理对水体总氮含量都有显著的促进作用,尤其是高浓度处理对水体总氮含量的促进作用更明显。苄嘧磺隆处理对水体总氮含量的影响与丁苄混剂处理相同。

3.2.4 4 种除草剂对抗螺水体总磷含量的影响

水体中总氮、总磷等变化情况,从多方面考察除草剂对水生动物生理代谢方面的影响,进而明确除草剂对水生动物的生态毒理。由图 8 可以看出:氯酸钾各浓度处理中水体总磷含量均显著低于对照。中浓度的丁草胺处理对抗螺水体总磷含量有显著的促进作用,而高浓度处理中水体总磷含量则显著低于对照,低浓度处理

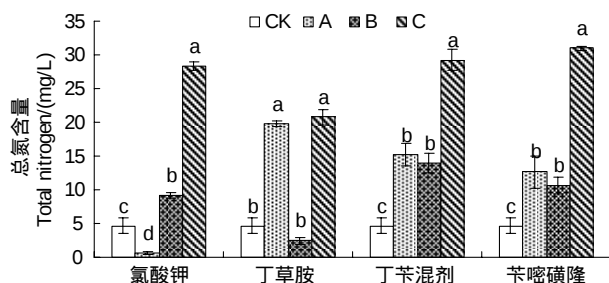


图 7 4 种除草剂对抗螺水体总氮含量的影响

Fig. 7 Effect of four herbicides on water's total nitrogen affected by nitrogen excretion of Tunnel

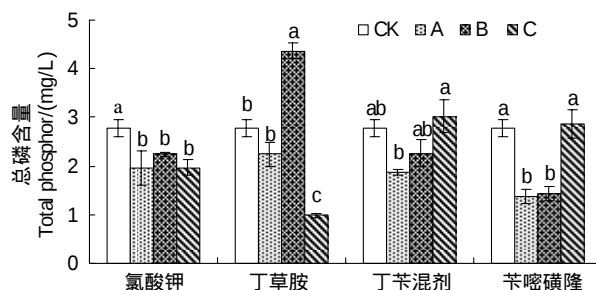


图 8 4 种除草剂对抗螺水体总磷含量的影响

Fig. 8 Effect of four herbicides on water's Phosphor affected by phosphor excretion of Tunnel Snail

与对照相比差异不显著。丁苄混剂各浓度处理对水体总磷含量的影响中除低浓度对水体总磷含量有显著的抑制作用外,其余均与对照相比差异不显著。苄嘧磺隆各浓度处理中,中低浓度对水体总磷含量与对照相比有显著的抑制作用,高浓度处理与对照相比差异不显著。

4 讨论

除草剂对水生生物的生态毒理目前还开展不多,这与公众担心其普遍而大量使用可能导致的长远环境影响十分不适应。尽管有研究表明除草剂对血吸虫寄生钉螺有很大的影响。如李广平等^[22]采用室内浸杀法研究了抛秧草净(35% 丁草胺·苄嘧磺隆)杀灭钉螺的效果,结果表明抛秧草净浸泡钉螺 48 h 和 72 h 后的 LC_{50} 分别为 2.73 mg/L 和 1.72 mg/L,丁苄混剂除草剂对钉螺具有较强的杀灭作用。任晓联等^[23]也研究了农达(主要成分为草甘磷)对山丘地区除草后的灭钉螺效果,结果表明用除草剂除草是一种有效、经济、适用的灭钉螺前环境处理方法。但福寿螺、坑螺从个体大小到生态适应性均与钉螺差异甚大,因此本试验主要研究除草剂在田间用量情况下对福寿螺、坑螺生理方面的影响以及存活率的影响,由实验结果可以看出,丁草胺在防治福寿螺方面的效果是最好的,其次为丁苄混剂。此外,本实验用福寿螺为幼螺,没有进行成螺方面的研究,而生物对于污染物的敏感性随着生理年龄的不同而有差异。有关除草剂对不同生理期的福寿螺的影响研究仍有待开展。

实验表明,除草剂在田间用量情况下对福寿螺、坑螺的影响趋势是一致的,由于所用坑螺实验材料为成年坑螺,除草剂对其的毒害作用比福寿螺细螺要轻一些。

本实验通过测定除草剂对淡水螺耗氧排氨和水体中总氮、总磷等变化情况,从多方面考察除草剂对水生动物生理代谢方面的影响,进而明确除草剂对水生动物的生态毒理。有关实验指标测定容易。就四种除草剂对福寿螺和坑螺的影响来说,福寿螺对水中溶解氧、总磷这两个指标影响敏感;坑螺对水体中总氮,总磷这两个指标影响极敏感。前人研究表明,耗氧排氨的代谢指标氧氮比(O/N)是表示动物呼吸程度的重要参数^[24]。可以作为生物对环境适应程度的一项指标,其值越大表明动物消耗的能量较少,部分由蛋白质提供,多数由脂肪和糖类提供。因此通过 O/N 能够估计动物代谢中能量物质的来源。有关除草剂对淡水生物耗氧排氨等代谢活动的影响及其机理,仍有待进一步深入进行。此外,螺类对除草剂的食物链富集能力和环境水体中污染物的富集能力如何,也有待进一步研究。

稻田水生动物是稻田生态系统的重要组成部分^[25],对稻田的可持续利用具有重要的价值。由于除草剂等化学品在生产和使用过程导致的水体污染必然危及水生生物,进而对人类产生影响。因此通过开展除草剂等化学品对土壤微生物和水生生物如藻、蝌蚪(青蛙)、水蚤、鱼的生态毒理研究,可以初步明确有关化学品对稻田生态系统的影响,从而对上述物质的环境安全性进行初步评估,从而为水稻免耕抛秧栽培技术选择环境相对安全的除草剂提供科学依据,为水稻免耕抛秧栽培技术的快速推广和稻田生态系统的可持续利用服务。当然,除草剂在不同气候条件等生态因子作用下环境行为和生态毒理效应是有差异的,如 Michiel A. 等研究表明抑制光合作用的除草剂利谷隆在模拟以浮游生物为主的热带和温带生态系统中的降解和生态效应有显著差异,温度对除草剂的降解影响要比湿度的影响要大,而且热带生态系统生态系统恢复潜力高于温带^[26]。

除草剂的复合污染问题及其对水生动物的低剂量慢性毒理是有待开展的研究重点。目前国内外关于某种单一除草剂对水生动物毒理方面的研究很多,但是针对几种除草剂复合污染或除草剂残留与其它类型污染物相互作用形成的复合污染方面的研究进行的比较少。此外,目前大部分的研究都只局限在急性毒理方面,而对低剂量的慢性毒理方面的研究却比较少^[27-28]。而且还需要对这些污染物的降解中间产物进行更全面的毒理学和生态毒理学效应的评估。例如,已有报道除草剂敌草腈及其降解产物 2,6-二氯苯甲酰胺等对地表水和地下水均会造成生态毒理和人类健康风险^[29]。这方面的问题在氯和溴法消毒剂可能导致在水体中消毒过程形成毒副作用明显的几个消毒副产品(如卤代烷烃 THMs 等)有机物已被证实^[30-31]。此外,水生动物不同生育过程对污染物的敏感程度有较大不同,如 Sangita Das. 等^[32]研究重金属 Cu 对一种池塘淡水蜗牛(椎实螺, a freshwater pulmonate snail *Lymnaea luteola* L.)的生物累积性和对摄食、生长、繁殖等方面的影响,

其结果表明在一定浓度下,Cu 对椎实螺的生长、摄食、繁殖等方面都有很大程度的影响,同时也表明用蜗牛的胚胎和成体均可作为生态毒理试验研究的良好材料。

当前,农业劳动力减少和农业集约化程度的不断提高,使化学除草剂使用日益普遍。因此,开展除草剂及其次生污染物的复合污染及其对水生动物的低剂量的慢性毒理研究,对于防范除草剂的环境风险,保障生态安全和人类健康,具有重要的理论意义和应用价值^[33-34]。

5 结论

从 4 种除草剂对福寿螺和坑螺存活率的影响来看,其大小依次为:丁草胺>丁苄混剂>氯酸钾>苄嘧磺隆;从存活率比较,可看出对除草剂污染反应的敏感性依次为:幼福寿螺>成年坑螺。

从 4 种除草剂对水生生物水体消耗溶解氧的影响来看,氯酸钾和苄嘧磺隆对 2 种生物的呼吸作用影响不大;丁草胺对两种生物的呼吸作用影响都较大,丁草胺各浓度处理对两种试验动物的呼吸作用都有抑制作用,且呈现出剂量效应,即随着药剂浓度的加大,其抑制作用更显著;丁苄混剂各处理对福寿螺的呼吸作用有显著的抑制作用,而对坑螺的呼吸作用则有显著的促进作用。

在 3 种生物的水体中, NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- 等无机氮主要来源于生物体的排泄和有机物质在有氧作用下的分解。从 4 种除草剂对两种生物水体无机氮含量的影响来看,4 种除草剂对福寿螺水体氨氮含量均有显著的抑制作用,从影响程度来看,其大小依次为:丁苄混剂>丁草胺>氯酸钾>苄嘧磺隆;4 种除草剂对坑螺水体总氮含量的影响则与前 2 种生物不同,基本上都呈现明显的促进作用。

在有氧条件下,水体中的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 来源于螺类排泄物分解、碎屑物的溶出。从 4 种除草剂对水体总磷含量的影响来看,4 种除草剂对福寿螺水体总磷含量都有显著的抑制作用;氯酸钾处理对坑螺水体总磷含量表现出显著的抑制作用,丁草胺和苄嘧磺隆处理对水体总磷的影响则没有表现出特定的趋势,而丁苄混剂对坑螺水体总磷含量的影响不显著。

References:

- [1] Su S Q. Exploitation and the use of Herbicide Varieties. *World Agriculture*, 2004, 301(5): 49-50.
- [2] Chen Z, Juneau P, Qiu B S. Effects of three pesticides on the growth, photosynthesis and photoinhibition of the edible cyanobacterium Ge-Xian-Mi (*Nostoc*). *Aquatic Toxicology*, 2007, 81(3): 256-265.
- [3] Zhao X P, Wang X M, Wang Q, Wu C X, Dai F. Phytotoxicity of bispyribac sodium and other herbicides to rice. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2000, 12(6): 368-373.
- [4] Chen B Y, Zheng S R, Niu X C, Zhao J S. Species sensitive distribution for aquatic biota exposed to triazophos. *Environmental Science*, 2011, 32(4): 1101-1107.
- [5] Hayes T B, Collins A, Lee M, Mendoza M, Noriega N, Stuart A A, Vonk A. Hermaphroditic, demaschlinized frogs after exposure to the herbicide alazrine at low ecologically relevant doses. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2002, 99(8): 5476-5480.
- [6] Bu N, Wang L W, Song H D. The influence of micronuclei and nuclear anomalies in erythrocytes of *Bufo gargarizans* by Herbicide Butachlor. *Sichuan Journal of Zoology*, 2005, 24(3): 294-296.
- [7] Sabater C, Cuesta A, Carrasco R. Effects of bensulfuron-methyl and cinosulfuron on growth of four freshwater species of phytoplankton. *Chemosphere*, 2002, 46(7): 953-960.
- [8] Li K M, Li P Z. The potential impact of herbicides on agriculture. *Agro-Environmental Protection*, 1995, 14(2): 75-79.
- [9] Cheng W, Chen Z Y, Hong L P. Study on the adsorption and desorption of ^{14}C -Bensulfuron-Methyl in soil. *Journal of Nanjing Agricultural University*, 1995, 18(3): 100-104.
- [10] Wei L P, Yu H X, Sun Y, Fen J F, Wang L S. The effects of three sulfonylurea herbicides and their degradation products on the green algae *Chlorella Pyrenoidosa*. *Chemosphere*, 1998, 37(4): 747-751.
- [11] Wei L P, Yu H X, Cao J S, Sun Y, Fen J F, Wang L S. Determination and prediction of partition coefficient and toxicity for sulfonylurea herbicides and their degradation products. *Chemosphere*, 1998, 38(7): 1713-1719.
- [12] Okamoto Y, Fisher R L, Armbrust K L, Peter C J. Surface water monitoring survey for bensulfuron methyl applied in paddy fields. *Journal of Pesticide Science*, 1998, 23(3): 235-240.
- [13] Yamamoto H, Suyama K, Itoh K, Sroczynski S R. Assessing the side-effects of pesticides on soil ecosystem. *Reviews in Toxicology*, 1998, 2: 295-302.
- [14] Yue X L, Zhang X P, Hu X W, Dong Y Y. Effect of Bensulfuron-Methyl on Growth of *Chlorella pyrenoidosa*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(9): 1823-1827.

- [15] He H Z, Yu J, Luo S M, Li Y J, Qiu X H, Luo Q Z, Li H S. Toxic Effects of Butachlor and Bensulfuron Methyl on *Cyanobacterium Spirulina platensis*. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(6): 1070-1075.
- [16] Agaev R, Danilov V, Khachaturov V, Kasymov B, Tishabaev B. The toxicity to warm-blooded animals and fish of new defoliant based on sodium and magnesium chlorates. *Uzbekskii Biologicheskii Zhurnal*, 1986, 1(8): 40-43.
- [17] Jiang C X, Li H S. Adsorption Characteristics of Chlorate in Three Types of Soils from off-season Longan Orchard. *Journal of Agro-Environment Science*, 2007, 26(4): 1492-1496.
- [18] Rosemarin A, Mattsson J, Lehtinen K J, Notini M, Nylen E. Effects of treated and untreated softwood pulp mill effluents on Baltic sea algae and invertebrates in model ecosystems. *Nordic Pulp and Paper Research Journal*, 1990, 2(32): 83-87.
- [19] Rosemarin A, Lehtinen K J, Notini M, Mattson J. Effects of pulp mill chlorate on Baltic sea algae. *Environmental Pollution*, 1994, 85(1): 3-13.
- [20] Li H S, Zhang X Y, Lin C X, Wu Q T. Toxic effects of chlorate on three plant species inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2008, 71(3): 700-705.
- [21] The Editor of Water and Wastewater Monitoring Analysis. *Water and Wastewater Monitoring Analysis Method*. 4th ed. Beijing: China Environmental Science Press, 2002: 57-68.
- [22] Li G P, Zhang C S, Yang G F. Molluscicidal effects of three kinds of herbicide on *Oncomelania hupensis*. *Practical Preventive Medicine*, 2004, 11(3): 425-426.
- [23] Ren X L, Hu Z J, Wang X H, Wang Y Y, Zhang S L, Zhai H Y, Dai S J. Study on molluscicidal effect of niclosamide after killing grass with "NONGDA" in hilly areas. *Journal of Tropical Diseases and Parasitology*, 2005, 3(2): 86-88.
- [24] Shen W L, You Z J, Shi X Y. Study on size and salinity related oxygen consumption and ammonia excretion of *Scapharca subcrenata* spat. *Marine Fish Eries Research*, 2008, 29(2): 53-56.
- [25] Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. *Research Method of Soil Microorganism*. Beijing: Science Press, 1985: 44-58.
- [26] Daam M A, van den Brink P J, Nogueira A J A. Comparison of fate and ecological effects of the herbicide linuron in freshwater model ecosystems between tropical and temperate regions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2009, 72(2): 424-433.
- [27] Si Y B, Zhang J, Yue Y D, Zhou D M. Research progress on degradation and inversion of Bensulfuron-Methyl in environment. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2002, 29(4): 359-362.
- [28] Langeland K A. Hydrilla tuber formation in response to single and sequential bensulfuron methyl exposures at different times. *Hydrobiologia*, 1996, 340(1/3): 247-251.
- [29] Björklund E, Styrisheve B, Anskjær G G, Hansen M, Halling-Sørensen B. Dichlobenil and 2,6-dichlorobenzamide (BAM) in the environment: what are the risks to humans and biota? *Science of The Total Environment*, 2011, doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.004.
- [30] Richardson S D, Fasano F, Ellington J J, Crumley F G, Buettner K M, Evans J J, Blount B C, Silva L K, Waite T J, Luther G W, McKague A B, Miltner R J, Wagner E D, Plewa M J. Occurrence and mammalian cell toxicity of iodinated disinfection byproducts in drinking water. *Environmental Science Technology*, 2008, 42(22): 8330-8338.
- [31] Sedlak D L, von Gunten U. The chlorine dilemma. *Science*, 2011, 331(6013): 42-43.
- [32] Das S, Khangarot B S. Bioaccumulation of copper and toxic effects on feeding, growth, fecundity and development of pond snail *Lymnaea luteola* L. *Journal of Hazardous Materials*, 2011, 185(1): 295-305.
- [33] Deng J C, Jiang X, Wang D C, Lu X, Gao H J, Wang F. Research advance of environmental fate of herbicide atrazine and model fitting in farmland ecosystem. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(12): 3359-3367.
- [34] Wu X X, Wu J C, Jin Y G, Dong B, Wang R S. Impact of herbicides on physiology and ecology of hydrophytes. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2037-2042.

参考文献:

- [1] 苏少泉. 除草剂品种的开发与使用. *世界农业*, 2004, 301(5): 49-50.
- [3] 赵学平, 王秀梅, 王强, 吴长兴, 戴芬. 农美利等除草剂对水稻药害的研究. *浙江农业学报*, 2000, 12(6): 368-373.
- [4] 陈波宇, 郑斯瑞, 牛希成, 赵劲松. 水生生物对三唑磷的物种敏感度分布研究. *环境科学*, 2011, 32(4): 1101-1107.
- [6] 卜宁, 王丽文, 宋海东. 除草剂丁草胺对蟾蜍红细胞微核及核异常的影响. *四川动物*, 2005, 24(3): 294-296.
- [8] 李康民, 李佩珍. 除草剂对水产养殖的潜在影响. *农业环境保护*, 1995, 14(2): 75-79.
- [9] 程薇, 陈祖义, 洪良平. 除草剂苄嘧磺隆在土壤中的吸附与解吸附特性. *南京农业大学学报*, 1995, 18(3): 100-104.
- [15] 贺鸿志, 余景, 骆世明, 李拥军, 邱晓辉, 罗琼珠, 黎华寿. 丁草胺和苄嘧磺隆对钝顶螺旋藻的毒性效应研究. *农业环境科学学报*, 2011, 30(6): 1070-1075.
- [21] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会. *水和废水监测分析方法(第四版)*. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 57-68.
- [22] 李广平, 张楚霜, 阳桂芬. 三种除草剂杀灭钉螺效果的观察. *实用预防医学*, 2004, 11(3): 425-426.
- [23] 任晓联, 胡宗健, 王晓红, 王玉晔, 张树林, 翟海英, 戴尚金. 山丘地区“农达”除草后药物灭螺效果的观察. *热带病与寄生虫学*, 2005, 3(2): 86-88.
- [24] 沈伟良, 尤仲杰, 施祥元. 不同规格及不同盐度下毛蚶稚贝耗氧率和排氨率的研究. *海洋水产研究*, 2008, 29(2): 53-56.
- [25] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. *土壤微生物研究法*. 北京: 科学出版社, 1985: 44-58.
- [27] 司友斌, 张瑾, 岳永德, 周东美. 除草剂苄嘧磺隆在环境中的降解转化研究进展. *安徽农业大学学报*, 2002, 29(4): 359-362.
- [33] 邓建才, 蒋新, 王代长, 卢信, 郜红建, 王芳. 农田生态系统中除草剂阿特拉津的环境行为及其模型研究进展. *生态学报*, 2005, 25(12): 3359-3367.
- [34] 吴晓霞, 吴进才, 金银根, 董波, 王荣生. 除草剂对水生植物的生理生态效应. *生态学报*, 2004, 24(9): 2037-2042.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 19 October, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Ecology research and its effects on social development in China	LI Wenhua (5421)
The current mission of ecology-advancing under the situation of chaos and innovation	JIANG Youxu (5429)
Resilience thinking: development of ecological concept	PENG Shaolin (5433)
A review of research progress and future prospective of forest soil carbon stock and soil carbon process in China	LIU Shirong, WANG Hui, LUAN Junwei (5437)
Research on carbon budget and carbon cycle of terrestrial ecosystems in regional scale: a review	YU Guirui, FANG Huajun, FU Yuling, et al (5449)
Advances in the studying of the relationship between landscape pattern and river water quality at the watershed scale	LIU Lijuan, LI Xiaoyu, HE Xingyuan (5460)
Research on the protection of <i>Davidia involucrata</i> populations, a rare and endangered plant endemic to China	CHEN Yan, SU Zhixian (5466)
Progress on water resources input-output analysis	XIAO Qiang, HU Dan, GUO Zhen, et al (5475)
Research advances of contraception control of rodent pest in China ...	LIU Hanwu, WANG Rongxin, ZHANG Fengqin, et al (5484)
Response of vegetation to climate change and human activity based on NDVI in the Three-River Headwaters region	LI Huixia, LIU Guohua, FU Bojie (5495)
Remediation of blowout pits by clonal plants in Mu Us Sandland	YE Xuehua, DONG Ming (5505)
Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China	WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben (5512)
An evaluation method for forest resources sustainability	CUI Guofa, XING Shaohua, JI Wenyuan, et al (5524)
Effects of landscape patterns on soil and water loss in the hilly area of loess plateau in China: landscape-level and comparison at multiscale	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5531)
The impacts of future climatic change on agricultures and eco-environment of Loess Plateau in next decade	E Youhao, SHI Qian, MA Yuping, et al (5542)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: standing stock value of biological resources	DU Guoying, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5553)
Valuation of ecological capital in Shandong coastal waters: provisioning service value	WANG Min, CHEN Shang, XIA Tao, et al (5561)
The dynamics of the structure and plant species diversity of evergreen broadleaved forests in Damingshan National Nature Reserve after a severe ice storm damage in 2008, China	ZHU Hongguang, LI Yanqun, WEN Yuanguang, et al (5571)
Interactive effects of low phosphorus and drought stress on dry matter accumulation and phosphorus efficiency of soybean plants	QIAO Zhenjiang, CAI Kunzheng, LUO Shiming (5578)
The eco-efficiency evaluation of the model city for environmental protection in China	YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (5588)
Pollution footprint and its application in regional water pollution pressure assessment: a case study of Huzhou City in the upstream of Taihu Lake Watershed	JIAO Wenjun, MIN Qingwen, CHENG Shengkui, et al (5599)
Ecological effect of green space of Shanghai in different spatial scales in past 20 years	LING Huanran, WANG Wei, FAN Zhengqiu, et al (5607)
Assessing indicators of eco-mobility in the scale of urban communities ...	DAI Xin, ZHOU Chuanbin, WANG Rusong, et al (5616)
Spatial structure of urban ecological land and its dynamic development of ecosystem services: a case study in Changzhou City, China	LI Feng, YE Yaping, SONG Bowen, et al (5623)
The carbon emissions embodied in Chinese household consumption by the driving factors	YAO Liang, LIU Jingru, WANG Rusong (5632)
The research on eco-efficiency and carbon reduction of recycling coal mining solid wastes: a case study of Huabei City, China	ZHANG Haitao, WANG Rusong, HU Dan, et al (5638)
Effects of urban shading on photosynthesis of <i>Euonymus japonicas</i>	YU Yingying, HU Dan, GUO Erhui, et al (5646)

Ecological view of traditional rural settlements: a case study in Yongnan of Guangdong Province	JIANG Xueting, YAN Lijiao, HOU Deqian (5654)
The altitudinal pattern of insect species richness in the Three Gorge Reservoir Region of the Yangtze River: effects of land cover, climate and sampling effort	LIU Ye, SHEN Zehao (5663)
Spatial-temporal patterns of fishing grounds and resource of Chilean jack mackerel (<i>Trachurus murphyi</i>) in the Southeast Pacific Ocean	HUA Chengjun, ZHANG Heng, FAN Wei (5676)
Impacts of <i>Ambrosia artemisiifolia</i> invasion on community structure of soil meso- and micro- fauna	XIE Junfang, QUAN Guoming, ZHANG Jiaen, et al (5682)
Appearance in spring and disappearance in autumn of <i>Bemisia tabaci</i> in China	CHEN Chunli, ZHI Junrui, GE Feng, et al (5691)
Water use strategies of <i>Malus toringoides</i> and its accompanying plant species <i>Berberis aemulans</i>	XU Qing, WANG Haiying, LIU Shirong (5702)
Analysis of vertical profiles of soil CO ₂ efflux in Chinese fir plantation	WANG Chao, HUANG Qunbin, YANG Zhijie, et al (5711)
Eco-toxicological effects of four herbicides on typical aquatic snail <i>Pomacea canaliculata</i> and <i>Crown conchs</i>	ZHAO Lan, LUO Shiming, LI Huashou, et al (5720)
Effects of short-term cold-air outbreak on soil respiration and its components of subtropical urban green spaces	LI Xibo, ZENG Wenjing, LI Jinqian, et al (5728)
Effects of landscape pattern on watershed soil erosion and sediment delivery in hilly and gully region of the Loess Plateau of China: patch class-level	WANG Jiping, YANG Lei, WEI Wei, et al (5739)
Partitioning and mapping the sources of variations in the ensemble forecasting of species distribution under climate change: a case study of <i>Pinus tabulaeformis</i>	ZHANG Lei, LIU Shirong, SUN Pengsen, et al (5749)
Relationship between masson pine tree-ring width and NDVI in North Subtropical Region	WANG Ruili, CHENG Ruimei, XIAO Wenfa, et al (5762)
Effects of species composition on canopy rainfall storage capacity in an alpine meadow, China	YU Kailiang, CHEN Ning, YU Sisheng, et al (5771)
Dynamics of soil water conservation during the degradation process of the Zoigê Alpine Wetland	XIONG Yuanqing, WU Pengfei, ZHANG Hongzhi, et al (5780)
Soil urease activity during different vegetation successions in karst peak-cluster depression area of northwest Guangxi, China	LIU Shujuan, ZHANG Wei, WANG Kelin, et al (5789)
Analysis the effect of region impacting on the biomass of domestic Masson pine using mixed model	FU Liyong, ZENG Weisheng, TANG Shouzheng (5797)
Influence of fire on a <i>Pinus massoniana</i> soil in a karst mountain area at the center of Guizhou Province, China	ZHANG Xi, ZHU Jun, CUI Yingchun, et al (5809)
The growth and distribution of <i>Platyclus orientalis</i> Seed-base seedling root in different culture periods	YANG Xitian, DONG Nalin, YAN Dongfeng, et al (5818)
Effects of complex pollution of CTAB and Cd ²⁺ on the growth of Chinese sweetgum seedlings	ZHANG Qin, XUE Jianhui, LIU Chenggang (5824)
The influence of volatiles of three invasive plants on the roots of upland rice seedlings	ZHANG Fengjuan, XU Xingyou, GUO Aiying, et al (5832)
Age structure and regeneration strategy of the dominant species in a <i>Castanopsis carlesii</i> - <i>Schima superba</i> forest	SONG Kun, SUN Wen, DA Liangjun (5839)
A study on application of hepatic microsomal CYP1A biomarkers from <i>Sebastiscus marmoratus</i> to monitoring oil pollution in Xiamen waters	ZHANG Yusheng, ZHENG Ronghui, CHEN Qingfu (5851)
The method of measuring energy flow and pin ecological networks by input-output flow analysis	LI Zhongcai, XI Xudong, GAO Qin, et al (5860)

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 19 期 (2011 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 19 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