

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第4期 Vol.32 No.4 2012

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 4 期 2012 年 2 月 (半月刊)

目 次

固垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响.....	马长安,徐霖林,田伟,等	(1007)
基于 ArcView-WOE 的下辽河平原地下水生态系统健康评价	孙才志,杨磊	(1016)
京郊典型集约化“农田-畜牧”生产系统氮素流动特征	侯勇,高志岭,马文奇,等	(1028)
不同辐射条件下苹果叶片净光合速率模拟.....	高照全,冯社章,张显川,等	(1037)
藏北高原典型植被样区物候变化及其对气候变化的响应.....	宋春桥,游松财,柯灵红,等	(1045)
祁连山中段林草交错带土壤水热特征及其对气象要素的响应	唐振兴,何志斌,刘鹄	(1056)
祁连山青海云杉林冠生态水文效应及其影响因素.....	田风霞,赵传燕,冯兆东,等	(1066)
呼伦贝尔沙地樟子松年轮生长对气候变化的响应.....	尚建勋,时忠杰,高吉喜,等	(1077)
结合激光雷达分析上海地区一次连续浮尘天气过程.....	马井会,顾松强,陈敏,等	(1085)
福建中部近海浮游动物数量分布与水团变化的关系	田丰歌,徐兆礼	(1097)
香港巨牡蛎和长牡蛎幼虫及稚贝的表型性状.....	张跃环,王昭萍,闫喜武,等	(1105)
东海原甲藻与中肋骨条藻的种间竞争特征.....	李慧,王江涛	(1115)
起始生物量比对 3 种海洋微藻种间竞争的影响.....	魏杰,赵文,杨为东,等	(1124)
不同磷条件下塔玛亚历山大藻氮的生态幅.....	文世勇,宋琍琍,龙华,等	(1133)
秦岭天然次生油松林冠层降雨再分配特征及延滞效应.....	陈书军,陈存根,邹伯才,等	(1142)
伊犁河谷北坡垂直分布格局及其与环境的关系——一种特殊的双峰分布格局.....	田中平,庄丽,李建贵	(1151)
濒危种四合木与其近缘种霸王水分关系参数和光合特性的比较.....	石松利,王迎春,周红兵,等	(1163)
干旱胁迫下黄土高原 4 种乡土禾草抗氧化特性	单长卷,韩蕊莲,梁宗锁	(1174)
施加角担子菌 B6 对连作西瓜土壤微环境和西瓜生长的影响	肖逸,王兴祥,王宏伟,等	(1185)
内蒙古典型草原区芨芨草群落适生境.....	张翼飞,王炜,梁存柱,等	(1193)
盐渍化灌区土壤盐分的时空变异特征及其与地下水埋深的关系.....	管孝艳,王少丽,高占义,等	(1202)
黄土高原水蚀风蚀交错区坡地土壤剖面饱和导水率空间异质性.....	刘春利,胡伟,贾宏福,等	(1211)
松嫩平原玉米带农田土壤氮密度时空格局.....	张春华,王宗明,居为民,等	(1220)
小麦冬性强弱评价体系的建立.....	王鹏,张春庆,陈化榜,等	(1230)
唐家河自然保护区高山姬鼠和中华姬鼠夏季生境选择的比较.....	黎运喜,张泽钧,孙宜然,等	(1241)
西花蓟马在 6 种蔬菜寄主上的实验种群生命表	曹宇,鄧军锐,孔译贤	(1249)
同位素富集-稀释法研究食性转变对鱼类不同组织 N 同位素转化率的影响	曾庆飞,谷孝鸿,毛志刚,等	(1257)
基于生态网络分析的南京主城区重要生态斑块识别.....	许文雯,孙翔,朱晓东,等	(1264)
珠三角城市绿地 CO ₂ 通量的季节特征.....	孙春健,王春林,申双和,等	(1273)
污染场地地下水渗流场模拟与评价——以柘城县为例.....	吴以中,朱沁园,刘宁,等	(1283)
专论与综述		
湿地退化研究进展.....	韩大勇,杨永兴,杨杨,等	(1293)
绿洲农田氮素积累与淋溶研究述评	杨荣,苏永中,王雪峰	(1308)
问题讨论		
抗辐射菌 <i>Deinococcus radiodurans</i> 的多样性	屠振力,方俐晶,王家刚	(1318)
平茬措施对柠条生理特征及土壤水分的影响	杨永胜,卜崇峰,高国雄	(1327)
研究简报		
祁连山典型灌丛降雨截留特征.....	刘章文,陈仁升,宋耀选,等	(1337)
野生鸭儿芹种子休眠特性及破除方法.....	喻梅,周守标,吴晓艳,等	(1347)



封面图说: 遗鸥群飞来——遗鸥意即“遗落之鸥”(几乎是最后才被发现的新的鸥种,因此得名)。1931年,瑞典动物学家隆伯格撰文记述在中国额济纳采到了标本。1987年,中国的鸟类学家在鄂尔多斯的桃力庙获得了一对遗鸥的标本。1990年春夏之交,发现了湖心各岛上大量的遗鸥种群。近年来的每年夏季,大约全球 90% 以上的遗鸥都会到陕西省神木县境内的沙漠淡水湖-红碱淖上聚集。遗鸥——国家一级重点保护、CITES 附录一物种。

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

DOI: 10.5846/stxb201101070026

马长安,徐霖林,田伟,吕巍巍,赵云龙. 围垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响. 生态学报, 2012, 32(4): 1007-1015.

Ma C A, Xu L L, Tian W, Lu W W, Zhao Y L. The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(4): 1007-1015.

围垦对南汇东滩湿地大型底栖动物的影响

马长安,徐霖林,田 伟,吕巍巍,赵云龙*

(华东师范大学生命科学学院,上海 200062)

摘要:为评价围垦促淤工程对南汇东滩湿地大型底栖动物生态学的影响,根据 2004 年 10 月和 2009 年 10 月对南汇东滩湿地底栖动物的定量定性调查数据,进行对比分析。结果表明:2004 年共采集到大型底栖动物 32 种,其中在经围垦促淤后形成的堤内、堤外两个区域分别采集到底栖动物 20 种和 21 种,2009 年堤内外分别为 9 种和 19 种,共 26 种;2004 年堤内和堤外优势种分别为 8 种和 4 种,共有优势种为中华螺赢蜚和谭氏泥蟹,2009 年堤内优势种仅有摇蚊幼虫 1 种,堤外有 4 种,优势种种类组成也发生了很大变化;2004 年大型底栖动物的平均丰度和生物量分别为 44.15 个/m²和 38.80 g/m²,2009 年为 86.76 个/m²和 1.97 g/m²,2009 年堤内、堤外的生物量与 2004 年相比明显降低,丰度变化则相对较小;运用 SPSS 软件的单因素方差分析、群落聚类和 MDS 排序对南汇东滩湿地各断面进行群落结构分析,结果表明围垦是大型底栖动物群落结构改变的一个重要因素,围垦造成堤内底栖动物群落结构发生了明显差异,堤外群落结构变化相对较小。大型底栖动物的生物多样性指数(Shannon-Weiner 指数 H' 、Pielou 均匀度指数 J' 、Margalef 物种丰富度指数 d 和 Simpson 指数 D)受到围垦促淤工程的影响均降低,尤其以围垦圈淤的堤内湿地生物多样性指数最低。围垦促淤工程对盐度、潮汐动力、底质特征的改变以及人类活动等因素是影响大型底栖动物群落结构的主要原因,工程结束后的湿地生态修复十分必要。

关键词:大型底栖动物;群落结构;生物多样性;围垦;南汇东滩

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat

MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, LU Weiwei, ZHAO Yunlong*

School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China

Abstract: Quantitative and qualitative sampling of zoobenthos was carried out in October 2004 and October 2009 to assess the ecological influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat. The surveys were conducted each year in four sections: S1—S2 and S3—S4 were inside and outside the dyke, respectively, in 2004, while T1-T3 and T4 were inside and outside the dyke, respectively, in 2009. In total, 32 species were found across all areas in 2004, Twenty of these species occurred inside the dyke and 21 species occurred outside the dyke. Twenty-six species were found in 2009 whit nine species inside the dyke and 19 species outside the dyke. On both sampling occasions, most of the macrobenthos were euryhaline species and the rest were freshwater species. From 2004 to 2009 species abundance of Crustacea, Mollusca and Polychaeta exhibited a clear decline inside the dyke, while aquatic insect abundance increased to there species inside the dyke. Outside the dyke, Crustacea and Polychaeta decreased between 2004 and 2009 but Mollusca increased by five species. In 2004, there ere eight dominant species inside the dyke, namely: *Corophium sinensis*, *Uca arcuata*, *Sesarma dehaani*, *Ilyoplax deschampsii*, *Assiminea latercea*, *Cerithidea sinensis*, *Capitella capitata* and

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(200903056);国家科技支撑项目(2010BAK69B14);上海市科委重大项目(09DZ120010A, 10DZ1200700)

收稿日期:2011-01-07; 修订日期:2011-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ylzhao@ bio.ecnu.edu.cn

Rhyacodrilus sinicus. Four species were dominant outside the dyke: *Corophium sinensis*, *Ilyoplax deschampsi*, *Momoculodes limnophilus* and *Bullacta exarata*. *Corophium sinensis* and *Ilyoplax deschampsi* were common dominant species. In 2009, Chironomid larvae were the dominant species inside the dyke and *Assimineia latercea*, *Elachisina* sp., *Glauconome chinensis* and *Heteromastus filiformis* were the four dominant species outside the dyke. The average abundances and biomass values for macrobenthos were 44.15 ind/m² and 38.80 g/m² in 2004 and 86.76 ind/m² and 1.97 g/m² in 2009. Macrozoobenthos biomass decreased significantly between 2004 and 2009, although abundance did not decline. Data were analyzed using SPSS, one-way ANOVA, hierarchical cluster analysis and non-metric multidimensional scaling (MDS). The results of cluster analyses and MDS indicated that the eight sections were divided into four groups with different macrobenthic communities: the first group included four sections, S1-S4 from 2004; the second group included T1 and T2 from 2009, which were statistically very different from S1 and S2; while the last two groups were T3 and T4. The structure of the macrobenthic community in T4 was very similar to that in S3. T3, on the other hand, was subjected to frequent human disturbance generating a greater level of habitat heterogeneity.

Reclamation is an important factor of changing macrobenthic communities. In this study, the composition of dominant species changed markedly with a clear decline in species diversity (Shannon-Weiner index, Pielou's evenness index, species richness and Simpson's diversity index). The lowest diversity index was recorded in the reclaimed area. Reclamation on tidal flats changes salinity, tidal action and tidal flat sediment characteristics and dynamics. Human activities have a major impact on zoobenthos communities. Ecological restoration following reclamation projects is essential and may include building water gates, or restocking with macrobenthos and native plant species that can adjust and survive in the new environment.

Key Words: macrobenthos; community structure; diversity; reclamation; East Nanhui tidal flat

随着上海经济建设的高速发展,城市人口持续增长,土地资源和人口的矛盾也越来越突出,长江河口滩涂围垦已成为上海获得土地后备资源的最主要途径之一。近年来上海相继在南汇东滩 0 m 线促淤围滩以及其周围的芦潮港人工半岛建设、芦潮港两侧东、西两港围填工程等^[1]。南汇东滩地理位置独特,位于长江口区域的生态敏感区,是亚太地区鸟类迁徙和越冬的重要区域,也是多种重要经济水产生物的育肥和繁殖区域^[2],南汇东滩附近还有一些重要湿地,如九段沙国家级自然保护区等。

大型底栖动物是河口滩涂湿地生态系统的重要组成部分,它可以分解有机物,促进系统中的物质循环和能量流动,加强水体的自净作用^[3];同时为许多鸟类和水域中鱼类提供重要饵料;大型底栖动物的种类组成、群落结构以及生物多样性还能较灵敏地反应该区域的环境变化,其对生态环境具有一定的指示作用^[4-8]。近年来高强度围垦使南汇东滩的滩涂面积不断缩小,对底栖动物的群落结构产生了很大影响。据相关研究围垦造成潮滩内底栖动物种类数减少,密度和生物量下降,生物多样性明显降低^[9-12];围垦也对鸟类大规模迁徙时栖息地的选择有影响^[13-14]等。因此,通过对南汇东滩湿地围垦促淤前后的大型底栖动物的种类组成、数量分布和生物多样性特征的对比分析,可为上海湿地资源的合理利用与保护,尤其是受损湿地生态系统的恢复和重建提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样点选择

2004 年 10 月,新围垦大堤已经建成,围垦促淤基本完成。根据滩涂特点以及底栖动物的生境,选择设置 4 个采样断面。其中断面 S1、S2 位于堤内,属于被围垦的滩涂,潮水由于堤坝阻隔而无法进入该区域;S3、S4 则位于堤外,属于围垦后保留的自然潮滩。S1、S2 分别设置 2 个样点,相当于围垦前湿地的高潮带和中潮带。S3、S4 分别设置 3 个样点,总共 10 个样点,具体采样断面见图 1。

2009 年 10 月,共设置 4 个断面。断面 T1、T2、T3 位于大堤内,相当于 S1、S2 断面的区域,该区域现为有

积水的人工湿地,水体已无潮汐动力作用,T4 为堤外的自然滩涂,相当于 S3、S4 区域。其中断面 T1、T2、T4 分别与 S1、S2、S4 重合(图 1)。

1.2 采样方法

大型底栖动物样品采集方法及标本处理参照《海洋调查规范》(GB/T12763.6—2007)。采样时用 GPS 定位,每个样点分别进行定量、定性采集。定量采集用取样面积为 25 cm×25 cm 的取样框取样 3—5 次。取样方法为先拾取框内表面的大型底栖动物标本,然后挖取取样框内底泥 30 cm 深,根据底栖动物穴居特点,适当加大采样深度。所采泥样用 1.0 mm 的筛网进行淘洗。定性采集是充分采集各样带各样点周围各类底栖动物。所获标本经 5% 福尔马林溶液固定后在实验室进行种类鉴定、个体计数和称重。

1.3 数据处理与分析

运用香农-威纳多样性指数(H')、均匀度指数(J')、物种丰富度指数(d)、辛普森多样性指数(D)和优势度(Y)对调查区域内大型底栖动物进行分析^[15-16]:

$$\text{Shannon-Weiner index 指数} \quad H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

$$\text{Pielou 均匀度指数} \quad J' = H' / \log_2 S$$

$$\text{Margalef 物种丰富度指数} \quad d = (S-1) / \log_2 N$$

$$\text{Simpson's 多样性指数} \quad D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$\text{优势度} \quad Y = (ni/N) \times fi$$

式中, S 为采泥样品中的种类总数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; ni 为样品中第 i 种生物的个体数; N 为采泥样品中所有种类的总个体数; fi 为该种 i 出现的频度,当某一种生物 $Y \geq 0.02$ 时,可视为优势种。

利用 SPSS13.0 统计软件对不同生境底栖动物群落的平均丰度与生物量进行单因素方差分析,再对 8 个断面的底栖动物丰度做四次方根处理,进行系统聚类分析和非度量多维标度排序。

2 结果

2.1 种类组成和优势种

围垦大堤将南汇滩涂分为人工湿地(堤内)和自然潮滩(堤外)两部分。两次调查底栖动物各类群物种数的情况见表 1。2004 年共采集到大型底栖动物 32 种,其中堤内有 20 种,堤外有 21 种;而 2009 年共记录到 26 种,其中堤内仅存 9 种,堤外有 19 种。原有堤内湿地的大型底栖动物物种数明显减少。南汇滩涂大型底栖动物以近海广盐种为主,淡水种较少。

围垦后各类群的物种数及种类组成的变化情况,2009 年与 2004 年相比,堤内的甲壳动物、软体动物、环节动物种类数减少,但水生昆虫增加了 3 种;同样堤外的甲壳动物和环节动物种类数减少,但软体动物增加了 5 种。从组成情况来看,堤内 2004 年有 18 种在 2009 年未采集到,而新采集到 7 种;堤外有 11 种在 2009 年未采集到,而新增了 9 种;2004 年整个采样区域有 32 种,保留至 2009 年堤外(自然潮滩)有 13 种,新增 6 种(表 2)。

根据优势度 $Y \geq 0.02$ 的计算结果(表 2),2004 年堤内和堤外的优势种分别为 8 种和 4 种,其中共有优势种是中华螺赢蜚和谭氏泥蟹;2009 年堤内仅有单一优势种摇蚊幼虫,堤外有 4 种。2009 年与 2004 年相比,堤内的优势种发生了很大的改变,原有的优势种除中华螺赢蜚外都已不复存在,或保留的中华螺赢蜚也不再为优势种,而新增水生昆虫摇蚊幼虫为优势种;堤外原优势种中华螺赢蜚、谭氏泥蟹和独眼钩虾数量也明显减

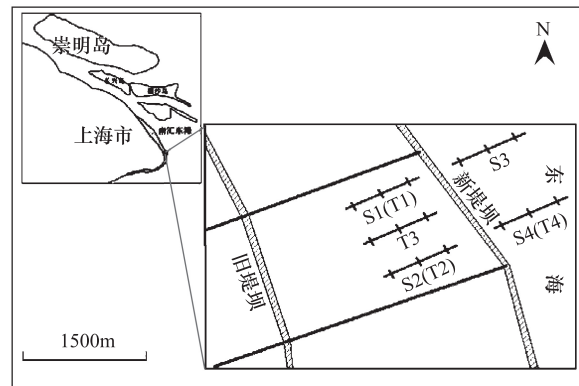


图 1 南汇东滩采样断面示意图

Fig. 1 Map of sampling section in east Nanhui tidal flat

少,取而代之的中国绿螂和丝异蚓虫等成为该区域的优势种。缙拟沼螺仅为两次秋季调查唯一的共有优势种。

表 1 围垦区内外不同生境大型底栖动物的种类数
Table 1 Species of macrozoobenthos in different habitats

调查时间 Survey time	研究区域 Study area	总物种数 Total species	甲壳动物 Crustaceans	软体动物 Mollusks	环节动物 Annelids	水生昆虫 Aquatic insect
2004-10	堤内	20	10(50.00%)	6(30.00%)	4(20.00%)	—
	堤外	21	11(52.38%)	6(28.57%)	4(19.05%)	—
	整个区域	32	16(50.00%)	10(31.25%)	6(18.75%)	—
2009-10	堤内	9	3(33.33%)	2(22.22%)	1(11.12%)	3(33.33%)
	堤外	19	5(26.32%)	11(57.90%)	3(15.78%)	—
	整个区域	26	7(26.92%)	12(46.15%)	4(15.38%)	3(11.55%)

括号里的数字代表该类群物种数占总物种数的百分比;—该区域没有采集到定量标本

表 2 围垦区内外不同生境大型底栖动物物种组成及优势种
Table 2 Species composition of macrozoobenthos and dominant species in different habitats

物种 Species	2004-10		2009-10		广盐 Euryhaline	淡水 Limnetic
	堤内 Inside	堤外 Outside	堤内 Inside	堤外 Outside		
环节动物 Annelida						
中华颤蚓 <i>Rhyacodrilus sinicus</i>	+	0.03				+
拟寡毛虫 <i>Capitellethus dispar</i>		+			+	
疣吻沙蚕 <i>Tylorrhynchus heterochaetus</i>	+	+			+	
多鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys polybranchia</i>		+		+	+	
小头虫 <i>Capitella capitata</i>	+	0.08	+		+	
丝异蚓虫 <i>Heteromastus filiformis</i>				+	0.04	+
背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	+				+	
尖刺纓虫 <i>Potamilla acuminata</i>			+		+	
软体动物 Mollusca						
缙拟沼螺 <i>Assiminea violacea</i>		+				+
缙拟沼螺 <i>Assiminea latericea</i>	+	0.06		+	0.04	+
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i>	+	+	+	+		+
微小螺 <i>Elachisina</i> sp.				+	0.06	+
中华拟蟹守螺 <i>Cerithidea sinensis</i>	+	0.03		+	+	
泥螺 <i>Bullacta exarata</i>		+	0.10	+	+	
椎实螺 <i>Lymnaea</i> sp.			+			+
巨牡蛎 <i>Crassostrea</i> sp.		+		+	+	
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	+					+
四角蛤蜊 <i>Macra veneriformis</i>				+	+	
彩虹明樱蛤 <i>Moerella iridescens</i>				+	+	
中国绿螂 <i>Glaucomya chinensis</i>	+			+	0.35	+
缙蛭 <i>Sinonovacula constricta</i>		+		+	+	
焦河篮蛤 <i>Potamocorbula ustulata</i>	+	+		+	+	
甲壳动物 Crustacea						
泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i>		+		+	+	
光背节鞭水虱 <i>Synidotea laevidorsalis</i>	+	+			+	
海蟑螂 <i>Ligia exotica</i>				+	+	

续表

物种 Species	2004-10		2009-10		广盐 Euryhaline	淡水 Limnetic
	堤内 Inside	堤外 Outside	堤内 Inside	堤外 Outside		
钩虾 <i>Gammarus</i> sp.		+			+	
独眼钩虾 <i>Monoculodes limnophilus</i>		+	0.02		+	
中华螺赢蜚 <i>Corophium sinensis</i>	+	0.30	+	0.08	+	
安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>		+			+	
秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>			+	+		+
豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i>		+			+	
弧边招潮 <i>Uca arcuata</i>	+	0.08		+	+	
谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i>	+	0.06	+	0.31	+	
圆球股窗蟹 <i>Scopimera globosa</i>		+			+	
四齿大额蟹 <i>Metopograpsus quadridentatus</i>	+				+	
狭颚绒螯蟹 <i>Eriocheir leptognathus</i>	+				+	
中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>			+			+
无齿相手蟹 <i>Sesarma dehaani</i>	+	0.04	+	+	+	
斑点相手蟹 <i>Sesarma pictum</i>	+				+	
褶痕相手蟹 <i>Sesarma plicata</i>	+				+	
天津厚蟹 <i>Helice tientsinensis</i>	+		+		+	
昆虫 Isecta						
摇蚊幼虫 Chironomid larvae			+	0.91		+
双翅目幼虫 Diptera larvae			+			+
蜻蜓目幼虫 Odonata larvae			+			+

+表示物种有分布;数字表示该优势种的优势度

2.2 丰度与生物量

两次调查大型底栖动物的总平均丰度和生物量分别为 65.46 个/m²和 20.39 g/m²。2004 年 10 月,大型底栖动物的总平均丰度和生物量分别为 44.15 个/m²和 38.80 g/m²,其中堤内为 37.25 个/m²和 49.13 g/m²,堤外为 51.05 个/m²和 28.46 g/m²。2009 年 10 月,大型底栖动物总平均丰度和生物量为 86.76 个/m²和 1.97 g/m²,其中堤内为 135.55 个/m²和 2.19 g/m²,堤外为 37.96 个/m²和 1.74 g/m²。

SPSS 单因素方差分析的结果,2009 年与 2004 年相比,堤内丰度增高,与摇蚊幼虫密度高达 123.11 个/m²有关,而堤内甲壳动物受到围垦后环境改变的影响,个体生物量明显减小,造成了堤内和整个区域的显著差异。此外环节动物在两次区域调查中也有显著差异,这与围垦后的堤内水域盐度降低,已不适合原有环节动物生存有关。

表 3 不同生境的底栖动物丰度(个/m²)与生物量(g/m²)

Table 3 Abundance(ind/m²) and biomass(g/m²) of zoobenthos in different habitats

调查时间 Survey time	研究区域 Study area	甲壳动物 Crustaceans		软体动物 Mollusks		环节动物 Annelids		水生昆虫 Aquatic insect		总计 Total	
		丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass	丰度 Abundance	生物量 Biomass
2004-10	堤内	24.00	42.68	6.50	6.23	6.75	0.22	—	—	37.25	49.13
	堤外	37.33	17.58	12.11	10.82	1.61	0.06	—	—	51.05	28.46
	整个区域	30.66	30.13	9.31	8.53	4.18*	0.14	—	—	44.15	38.80
2009-10	堤内	8.44	1.41*	2.67	0.03	—	—	124.44	0.75	135.55	2.19*
	堤外	2.56	0.31	33.20	1.39	2.20	0.04	—	—	37.96	1.74
	整个区域	5.50	0.86*	17.94	0.71	1.10*	0.02	62.22	0.38	86.76	1.97*
2004—2009	堤内	16.22	22.05	4.59	3.13	3.38*	0.11	62.22	0.38	86.40	25.66
	堤外	19.95	8.95	22.66	6.11	1.91	0.05	—	—	44.51	15.10
	整个区域	18.08	15.50	13.63	4.62	2.64	0.08	31.33	0.19	65.46	20.39

—该区域没有采集到定量标本; *表示差异显著(P<0.05)

2.3 群落聚类与 MDS

SPSS 软件对 8 个断面的系统聚类分析与 MDS 排序 (Stress = 0.03532 < 0.05, 可信度较高) 结果基本吻合, 见图 2。可以分成 4 组, 第 1 组包括 4 个断面, 分别是 S1—S4, 为 2004 年断面, 这些断面在聚类图和 MDS 分析图上的距离均比较接近。第 2 组包括 T1 和 T2, 是 2009 年堤内断面, 与 2004 年堤内 S1、S2 相距很远, 表明堤内区域大型底栖动物群落结构经围垦后已经发生了很大改变。第 3 组和第 4 组均只有一个断面, 分别是 T4 和 T3。T4 为 2009 年堤外自然潮滩, 在 MDS 中与 2004 年自然潮滩 S3 距离较近, 表明两个断面群落结构具有很大相似性。而 T3 断面由于受人为活动干扰频繁, 造成了 T3 断面的生境异质性, 底栖动物群落不同于其他断面。

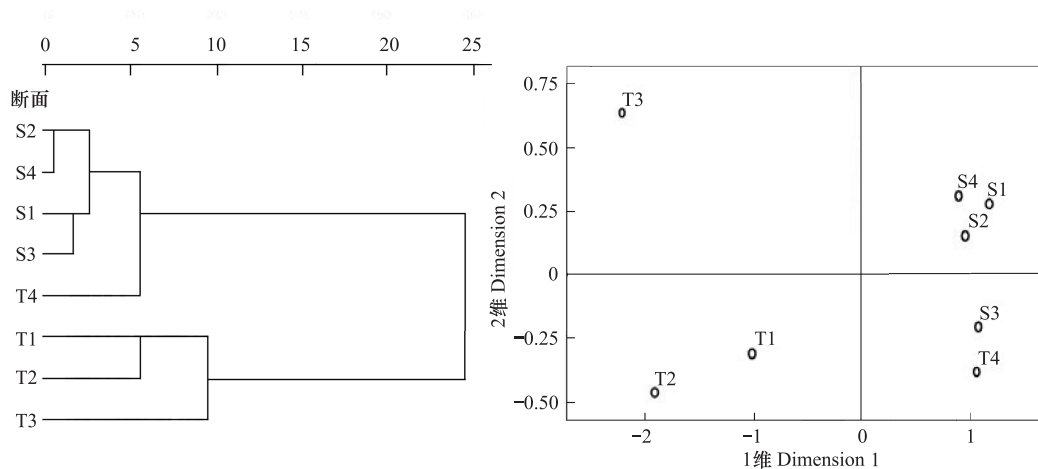


图 2 大型底栖动物群落系统聚类及 MDS 分析图

Fig. 2 The hierarchical cluster dendrogram and 2-dimensional MDS ordinal configuration of the macrozoobenthic communities

2.4 生物多样性指数

2009 年调查区域的底栖动物 Shannon-Weiner 指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J')、Margalef 物种丰富度指数 (d) 和 Simpson 指数 (D) 与 2004 年的相比, 无论是整个区域, 还是堤内和堤外生物多样性指数均明显下降, 具体结果见表 4。

表 4 大型底栖动物的多样性指数

Table 4 Diversity indices of macrobenthic communities

调查时间 Survey time	研究区域 Study area	香农-威纳指数 (H') Shannon-Weiner index	均匀度指数 (J') Pielou's evenness index	物种丰富度指数 (d) Species richness	辛普森指数 (D) Simpson's diversity index
2004-10	堤内	3.150	0.729	2.494	0.802
	堤外	2.614	0.605	2.303	0.733
	整个区域	3.229	0.672	3.058	0.816
2009-10	堤内	0.618	0.239	0.488	0.173
	堤外	2.280	0.584	2.049	0.670
	整个区域	1.161	0.273	1.734	0.305

3 讨论

3.1 围垦对底栖动物群落结构的影响

3.1.1 被围垦湿地(堤内)底栖动物的变化

围垦促淤工程最直接的影响是被圈围湿地动物群落结构的改变^[17], 2004 年堤内有底栖动物 20 种, 至 2009 年仅有 9 种, 原优势物种除了中华螺赢蜚外, 弧边招潮、无齿相手蟹、谭氏泥蟹、绯拟沼螺、中华拟蟹守

螺、小头虫和中华颤蚓均未采集到标本;原有 20 种底栖动物仅保留了中华螺赢蜚和光滑狭口螺,新增了中华绒螯蟹、秀丽白虾、椎实螺、尖刺缨虫以及摇蚊幼虫等 3 种水生昆虫,共计 9 种。2004 年围垦时间较短,堤内尚保持着自然潮滩底质特征,底栖生物的生境虽受到一定程度的破坏,但底栖动物的移动能力较弱,大多底栖动物物种得以保存。2004 年堤内的底栖动物 4 种多样性指数属中等水平,表明被围垦区物种丰富,群落结构较为稳定。而 2009 年的生物多样性指数明显下降,群落结构的简单化,使生态系统的脆弱性显而易见,南汇围垦促淤工程对底栖动物产生了深刻的影响,底栖动物的群落系统聚类分析和 MDS 排序也说明了这个问题。导致以上结果有多方面的原因,首先,从围垦工程来讲,改变了圈围湿地的潮汐动力作用。原有堤内底栖动物生活与潮汐密切相关,潮汐带来丰富的营养物质和食物,使生物多样性保持在一定高度。围垦后的 6 a 间,滩涂高程的改变,堤内没有潮汐的动力作用,使弧边招潮蟹等底栖动物的丰度和生物量减少;促淤使滩涂底质也发生了巨大改变^[18],原有底栖动物大多由于不适应生境变化而消失。此外,盐度周期性的季节变化是河口区的一个重要特点^[19-21],河口区如无齿相手蟹等甲壳动物具有调节渗透压适应盐度变化能力,但繁殖却必须在一定盐度的水域中完成。围垦后的人工湿地改变了与外界水域的连接,导致盐度没有了周期性变化,水体盐度逐渐淡化,再加上新大堤的建设阻碍了围垦区域内的无齿相手蟹等甲壳类的繁殖,所以甲壳动物等种类、丰度和生物量都逐渐减少。其次是人类的干扰活动影响,圈围的人工湿地生态系统正处于逐步恢复阶段,但在该区域内进行了少量的中华绒螯蟹人工增殖放流、开挖芦苇区、生活废水的排入和养殖中外引淡水水源等。人工放流的中华绒螯蟹通常不投饵,造成湿地内生物摄食压力过大,蟹类摄食原有的其他底栖生物,使水域内生物种类较少,生态系统结构单一,生态链不稳定,极易受到外界环境因素的影响,再加上养殖污染等,进一步加剧了底栖动物种类和数量的减少,甚至消失。随之摇蚊幼虫等耐污物种因适应新的环境而大量繁殖,从而改变了原有群落组成,同样的结果已有相关报道^[22]。因此,经过长达 6 a 的围垦,堤内湿地从最初自然湿地生态系统逐渐向人工湿地生态系统演变,相应的底栖动物群落结构也发生了明显改变。

3.1.2 围垦保留湿地(堤外)底栖动物的变化

南汇东滩围垦在很大程度上改变了原潮间带底栖动物的分布格局和群落组成情况。2004 年的围垦将原高潮带和中潮带湿地全部圈围,坝外仅保留部分低潮带区域。至 2009 年时,堤外新形成的自然潮滩物种为 19 种,与 2004 年堤外 21 种总数差别不大,但物种组成发生了很大变化。2004 年原有的底栖动物如谭氏泥蟹、天津厚蟹、中华螺赢蜚、独眼钩虾、董拟沼螺和疣吻沙蚕等 11 种在 2009 年未采集到标本,而新增了中国绿螂、微小螺、绯拟沼螺、彩虹明樱蛤和丝异蚓虫等 9 种底栖动物。底栖动物类群和优势种也有不同程度的改变,2009 年的软体动物替代甲壳动物成为最大的优势类群,软体动物的中国绿螂成为目前优势度最高的物种,这与其生活在潮间带中、低区沙泥中的习性有关^[23-24]。以上结果说明促淤围垦改变了南汇滩涂底栖动物的原有分布格局和组成特征,尽管在围垦结束后,通过自然的修复,堤外的这些物种大部分得以保存,但从数量和生物量上与原来的存在明显的差异。另外,再根据 2004 年整个研究区域有底栖动物 32 种等方面的调查数据,与 6a 后的 2009 年堤外自然潮滩的结果相比,两者结果的差异性,足以说明围垦后保留的堤外自然潮滩湿地底栖动物群落恢复十分缓慢,要完全恢复到围垦前的群落水平,需要多少时间? 群落结构演变的机制? 尚需进行深入、持续的调查研究。

围垦保留的自然潮滩湿地底栖动物群落恢复慢、群落结构组成前后有差异的原因可能有以下几方面:一是围垦保留的堤外滩涂原本属于低潮带,该区域由于潮汐动力的作用,这些物种的生境泥沙稀少,大堤的建立使高、中潮滩的物种无法迁移的同时,水域中的悬浮细沙在近岸滩面沉积,改变了原来的生境。二是泥沙的不断沉积使原来的低潮滩逐渐向高、中潮滩演变^[25],但围垦后的潮滩狭窄,导致涨落潮的生态位不明显,这些需要明显涨落潮差的高、中潮带蟹类等穴居生物难以在短时间内自然恢复的原因。

3.2 生态修复的几点建议

南汇东滩促淤围垦在一定程度上缓解了上海土地资源紧张问题,同时也给滩涂湿地的生态作用和保护带来了一系列的问题。

对于圈围的堤内湿地,围垦使原有自然湿地向人工湿地生态系统转变时,应尽可能保持原有的生境特点,通过在围垦区建立进出水闸门,使被围垦区水系与外界自然潮滩水域相通,水体的流动,便于底栖动物物种的迁移和繁殖。没有潮汐动力作用的滩涂盐碱化趋势很快,很短的时间内将成为无湿地底栖动物的荒滩陆地生态系统;在湿地生态系统演替过程中可进行适度的人工干预,通过放流一些可适应新生境的底栖动物物种,解决围垦导致动物群落结构不稳定的问题,但放流时应禁止投放“凶猛”的经济物种如中华绒螯蟹等,带来一定经济效益的同时,但将对恢复中的生态系统带来灾害性的影响。

堤外原属低潮带湿地,通常“寸草不生”,应及时适植乡土植物如芦苇、蔗草等,一方面可提供底栖动物或迁徙鸟类的食物,另一方面也是提供中华拟蟹守螺、天津厚蟹等底栖生物的栖息地,以丰富生物多样性。此外,投放石块护岸可降低由于滩涂窄、潮汐冲刷强烈的不利因素,又可提供潮间带底栖动物固着、穴居的条件等。

References:

- [1] Xia H F, Zhang W. Tidal current simulation model for shoal reclamation at eastern tidal flat of Nanhui and east side of Pudong International Airport. *Journal of Waterway and Harbor*, 2008, 29(1): 25-30.
- [2] Yuan J F, Yu W D, Zuo B R, He B G. Wetland and protection in Shanghai//Wang S N, ed. *Wetland Utilization and Protection*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2003: 14-22.
- [3] Hu Z Y, Bao Y X, Cheng H Y, Zhang L L, Ge B M. Research progress on ecology of natural wetland zoobenthos in China. *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(5): 959-968.
- [4] Chen J Y. *Shanghai Coastal Zone and Coastal Resources Comprehensive Survey*. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1988: 144-146.
- [5] Xu H F, Zhao Y L. *The Report of Scientific Survey of the Chongming Dong Tan Migratory Bird Nature Reserve of Shanghai*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2005: 75-115.
- [6] Weis J S, Weis P. Is the invasion of the common reed, *Phragmites australis*, into tidal marshes of the eastern US an ecological disaster? *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 46(7): 816-820.
- [7] Thorin S, Radureau A, Feunteun E, Lefeuvre J C. Preliminary results on a high east-west gradient in the macrozoobenthic community structure of the macrotidal Mont Saint-Michel bay. *Continental Shelf Research*, 2001, 21(18/19): 2167-2183.
- [8] Harrel R C, Smith S T. Macrobenthic community structure before, during, and after implementation of the Clean Water Act in the Neches River estuary(Texas). *Hydrobiologia*, 2002, 474(1/3): 213-222.
- [9] Yuan X Z, Lu J J. Influence of diking on the benthic macro-invertebrate community structure and diversity in the south bank of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(10): 1642-1647.
- [10] Chen C J. Influence of diking on tidal flat on animal resources and environment. *Marine Sciences*, 1990, 2(6): 48-50.
- [11] Peng S Q, Ren H, Zhang H M. Theories and techniques of degraded wetland ecosystem restoration. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(11): 2026-2030.
- [12] Chen H Y, Xu G H. The impact on environment by the ining of beach land in Jangsu Province. *Water Resources Planning and Design*, 2004, 1: 18-21.
- [13] Zhong Y K, Zhou H, Shi W Y, Zhou X, Zhou L C, Wang T H. Survey on shore birds community and their habitat in Shanghai tidal flat in spring. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2006, 15(3): 378-383.
- [14] Wang L, Liu M, Xu S Y, Yu L Z. Biodiversity in tidal flats of Shanghai coast with consideration of, its utilization and conservation. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2001, 10(2): 132-137.
- [15] Ma K P. Measurement of biodiversity//Qian Y P, Ma K P. *Principle and Methods of Biodiversity Studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994: 141-165.
- [16] Xu Z L. Zooplankton in north branch waters of Changjiang Estuary. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [17] Zhao Y L, An C G, Lin L, Li J Y, Cui L L, Lai W. Effects of diked wetland on ecology of macrobenthic communities in intertidal zone//Zhuang P. *Aquatic Biodiversity and Sustainable Development of Estuaries*. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 2008: 276-285.
- [18] Zhou X F, Zhao R, Li Y Y, Chen X Y. Effects of land use types on particle size distribution of reclaimed alluvial soils of the Yangtze Estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5544-5551.
- [19] Lui T H, Lee S Y, Sadovy Y. Macrobenthos of a tidal impoundment at the Mai Po Marshes Nature Reserve, Hong Kong. *Hydrobiologia*, 2002, 468

(1/3): 193-211.

- [20] Warwick R M, Goss-Custard J D, Kirby R, George C L, Pope N D, Rowden A A. Static and dynamic environmental factors determining the community structure of estuarine macrobenthos in SW Britain; why is the Severn estuary different? *Journal of Applied Ecology*, 1991, 28(1): 329-345.
- [21] Boesch D F. Species diversity of marine macrobenthos in the Virginia area. *Chesapeake Science*, 1972, 13(3): 206-211.
- [22] Wang J G, Huang H B, Yang M X, Tang Z H, Zhao F X. Tolerance values of benthic macroinvertebrates and bioassessment of water quality in the Lushan Nature Reserve. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2003, 9(3): 279-284.
- [23] Cai R X, Huang W H. Fauna of Zhejiang: Mollusks. Zhejiang: Zhejiang Science and Technology Publishing House, 1991: 268-269.
- [24] Hu Z Y, Li H H, Bao X Y, Ge B M. Biodiversity comparison of macrobenthic communities at tidal flat of Lingkun Island. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(4): 1498-1507.
- [25] Fu G, Li J F, Ying M, Yu Z Y. Analysis on Recent Topography evolution of Nanhuizui tidal flat in Yangtze Estuary. *Marine Science Bulletin*, 2007, 26(2): 105-112.

参考文献:

- [1] 夏海峰, 张玮. 南汇东滩及浦东国际机场外沿海造地工程潮流数学模型研究. *水道港口*, 2008, 29(1): 25-30.
- [2] 袁峻峰, 俞伟东, 左本荣, 贺宝根. 上海的湿地及其保护//汪松年. *上海湿地利用和保护*. 上海: 上海科学技术出版社, 2003: 14-22.
- [3] 胡知渊, 鲍毅新, 程宏毅, 张龙龙, 葛宝明. 中国自然湿地底栖动物生态学研究进展. *生态学杂志*, 2009, 28(5): 959-968.
- [4] 陈吉余. 上海市海岸带和滩涂资源综合调查报告. 上海: 上海科学技术出版社, 1988: 144-146.
- [5] 徐宏发, 赵云龙. 上海市崇明东滩鸟类自然保护区科学考察集. 北京: 中国林业出版社, 2005: 75-115.
- [9] 袁兴中, 陆健健. 围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响. *生态学报*, 2001, 21(10): 1642-1647.
- [10] 陈才俊. 围垦对滩涂动物资源环境的影响. *海洋科学*, 1990, 2(6): 48-50.
- [11] 彭少麟, 任海, 张倩媚. 退化湿地生态系统恢复的一些理论问题. *应用生态学报*, 2003, 14(11): 2026-2030.
- [12] 陈宏友, 徐国华. 江苏滩涂围垦开发对环境的影响问题. *水利规划与设计*, 2004, (1): 18-21.
- [13] 仲阳康, 周慧, 施文彧, 周晓, 周立晨, 王天厚. 上海滩涂春季鸻形目鸟类群落及围垦后生境选择. *长江流域资源与环境*, 2006, 15(3): 378-383.
- [14] 王磊, 刘敏, 许世远, 俞立中. 上海滨岸潮滩生物多样性及其利用与保护. *长江流域资源与环境*, 2001, 10(2): 132-137.
- [15] 马克平. 生物多样性的测度方法//钱迎倩, 马克平. *生物多样性研究的原理与方法*. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 141-165.
- [16] 徐兆礼. 长江口北支水域浮游动物的研究. *应用生态学报*, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [17] 赵云龙, 安传光, 林凌, 李嘉尧, 崔丽丽, 赖伟. 围垦滩涂对潮间带大型底栖动物生态学影响//庄平. *河口水生生物多样性与可持续发展*. 上海: 上海科学技术出版社, 2008: 276-285.
- [18] 周学峰, 赵睿, 李媛媛, 陈小勇. 围垦后不同土地利用方式对长江口滩地土壤粒径分布的影响. *生态学报*, 2009, 29(10): 5544-5551
- [22] 王建国, 黄恢柏, 杨明旭, 唐振华, 赵凤霞. 庐山地区底栖大型无脊椎动物耐污值与水质生物学评价. *应用与环境生物学报*, 2003, 9(3): 279-284.
- [23] 蔡如星, 黄惟灏. *浙江动物志: 软体动物*. 浙江: 浙江科学技术出版社, 1991: 268-269.
- [24] 胡知渊, 李欢欢, 鲍毅新, 葛宝明. 灵昆岛围垦区内外滩涂大型底栖动物生物多样性. *生态学报*, 2008, 28(4): 1498-1507.
- [25] 付桂, 李九发, 应铭, 徐海根, 虞志英. 长江河口南汇嘴潮滩近期演变分析. *海洋通报*, 2007, 26(2): 105-112.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 4 February, 2012 (Semimonthly)
CONTENTS

The influence of a reclamation project on the macrobenthos of an East Nanhui tidal flat MA Changan, XU Linlin, TIAN Wei, et al (1007)

Ecological health assessment of groundwater in the lower Liaohe River Plain using an ArcView-WOE technique SUN Caizhi, YANG Lei (1016)

Nitrogen flows in intensive “crop-livestock” production systems typically for the peri-urban area of Beijing HOU Yong, GAO Zhiling, MA Wenqi, et al (1028)

The simulation of leaf net photosynthetic rates in different radiation in apple canopy GAO Zhaoquan, FENG Shezhang, ZHANG Xianchuan, et al (1037)

Phenological variation of typical vegetation types in northern Tibet and its response to climate changes SONG Chunqiao, YOU Songcai, KE Linghong, et al (1045)

Soil moisture and temperature characteristics of forest-grassland ecotone in middle Qilian Mountains and the responses to meteorological factors TANG Zhenxing, HE Zhibin, LIU Hu (1056)

Eco-hydrological effects of Qinghai spruce (*Picea crassifolia*) canopy and its influence factors in the Qilian Mountains TIAN Fengxia, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (1066)

Response of tree-ring width of *Pinus sylvestris* var. *mongolica* to climate change in Hulunbuir sand land, China SHANG Jianxun, SHI Zhongjie, GAO Jixi, et al (1077)

Analysis of a dust case using lidar in Shanghai MA Jinghui, GU Songqiang, CHEN Min, et al (1085)

Relating the distribution of zooplankton abundance in the coastal waters of central Fujian Province to the seasonal variation of water masses TIAN Fengge, XU Zhaoli (1097)

Phenotypic traits of both larvae and juvenile *Crasstrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (1105)

Inter-specific competition between *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* LI Hui, WANG Jiangtao (1115)

Effects of initial biomass ratio on the interspecific competition outcome between three marine microalgae species WEI Jie, ZHAO Wen, YANG Weidong, et al (1124)

On the ecological amplitude of nitrate of *Alexandrium tamarense* at different initial phosphate concentrations in laboratory cultures WEN Shiyong, SONG Lili, LONG Hua, et al (1133)

Time lag effects and rainfall redistribution traits of the canopy of natural secondary *Pinus tabulaeformis* on precipitation in the Qinling Mountains, China CHEN Shujun, CHEN Cungen, ZOU Bocai, et al (1142)

The vertical distribution of vegetation patterns and its relationship with environment factors at the northern slope of Ili River Valley: a bimodal distribution pattern TIAN Zhongping, ZHUANG Li, LI Jianguo (1151)

Comparative analysis of water related parameters and photosynthetic characteristics in the endangered plant *Tetraena mongolica* Maxim. and the closely related *Zygophyllum xanthoxylon* (Bunge) Maxim. SHI Songli, WANG Yingchun, ZHOU Hongbing, et al (1163)

Antioxidant properties of four native grasses in Loess Plateau under drought stress SHAN Changjuan, HAN Ruilian, LIANG Zongsuo (1174)

The effects of the addition of *Ceratobasidium stevensii* B6 and its growth on the soil microflora at a continuously cropped water-melon (*Citrullus lanatus*) site in China XIAO Yi, WANG Xingxiang, WANG Hongwei, et al (1185)

Suitable habitat for the *Achnatherum splendens* community in typical steppe region of Inner Mongolia ZHANG Yifei, WANG Wei, LIANG Cunzhu, et al (1193)

Spatio-temporal variability of soil salinity and its relationship with the depth to groundwater in salinization irrigation district GUAN Xiaoyan, WANG Shaoli, GAO Zhanyi, et al (1202)

Spatial heterogeneity of soil saturated hydraulic conductivity on a slope of the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau LIU Chunli, HU Wei, JIA Hongfu, et al (1211)

Spatial and temporal variations of total nitrogen density in agricultural soils of the Songnen Plain Maize Belt ZHANG Chunhua, WANG Zongming, JU Weimin, et al (1220)

The evaluation system of strength of winteriness in wheat WANG Peng, ZHANG Chunqing, CHEN Huabang, et al (1230)

A comparison of summer habitats selected by sympatric *Apodemus chevrieri* and *Apodemus draco* in Tiangjiahe Nature Reserve, China LI Yunxi, ZHANG Zejun, SUN Yiran, et al (1241)

Life tables for experimental populations of *Frankliniella occidentalis* on 6 vegetable host plants CAO Yu, ZHI Junrui, KONG Yixian (1249)

Effect of diet switch on turnover rates of tissue nitrogen stable isotopes in fish based on the enrichment-dilution approach ZENG Qingfei, GU Xiaohong, MAO Zhigang, et al (1257)

Recognition of important ecological nodes based on ecological networks analysis: A case study of urban district of Nanjing XU Wenwen, SUN Xiang, ZHU Xiaodong, et al (1264)

Seasonal characteristics of CO₂ fluxes above urban green space in the Pearl River Delta, China SUN Chunjian, WANG Chunlin, SHEN Shuanghe, et al (1273)

Simulation and evaluation of groundwater seepage in contaminated sites: case study of TuoCheng County WU Yizhong, ZHU Qinyuan, LIU Ning, LU Genfa, DAI Mingzhoet al (1283)

Review and Monograph

Recent advances in wetland degradation research HAN Dayong, YANG Yongxing, YANG Yang, LI Ke (1293)

A review concerning nitrogen accumulation and leaching in agro-ecosystems of oasis YANG Rong, SU Yongzhong, WANG Xuefeng (1308)

Discussion

The diversity of the radio-resistant bacteria *Deinococcus radiodurans* TU Zhenli, FANG Lijing, WANG Jiagang (1318)

Effect of pruning measure on physiology character and soil waters of *Caragana korshinskii* YANG Yongsheng, BU Chongfeng, GAO Guoxiong (1327)

Scientific Note

Characteristics of rainfall interception for four typical shrubs in Qilian Mountain LIU Zhangwen, CHEN Rensheng, SONG Yaoxuan, et al (1337)

Dormancy break approaches and property of dormant seeds of wild *Cryptotaenia japonica* YU Mei, ZHOU Shoubiao, WU Xiaoyan, et al (1347)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 4 期 (2012 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 4 2012

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100071 电话:(010)64034563 E-mail: journal@espg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@espg.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