

放牧对滩涂底栖动物的影响*

赵云龙** 安传光 林 凌 段晓伟 曾 错 崔丽丽

(华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

摘 要 于2005年5月(春季)和10月(秋季),调查了放牧对上海市崇明东滩大型底栖动物的影响. 调查采样设置3个样区,其中I、II样区在放牧区,III样区在非放牧区,3个样区均在潮间带的中潮带,共计90个样方. 采集到底栖动物13种,其中节肢动物7种,软体动物4种,环节动物2种. I、II和III样区春季分别有6、8和10种,秋季6、8和12种. 各样区秋季底栖动物的平均密度均高于春季,春、秋季各样区的平均密度又均以III样区最高. 生物量与密度变化大体相似,以III样区最高. 与I、II样区相比,III样区的多样性指数、均匀度和丰富度均最高,说明放牧改变了底栖动物种类分布的格局,使底栖动物的密度、生物量均有不同程度的改变,且放牧对崇明东滩底栖动物的生物多样性产生了一定的负面影响.

关键词 放牧 底栖动物 崇明东滩

文章编号 1001-9332(2007)05-1086-05 **中图分类号** Q895 **文献标识码** A

Effects of grazing on zoobenthos community in beach. ZHAO Yun-long, AN Chuan-guang, LIN Ling, DUAN Xiao-wei, ZENG Cuo, CUI Li-li (School of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2007, 18(5): 1086-1090.

Abstract: In May (spring) and October (autumn) 2005, the effects of grazing on the zoobenthos community in Chongming Dongtan wetland of Shanghai were investigated. A total of 3 transects including 90 sampling plots were set up. Transects I and II were in feeding area, and transect III was in non-pasture area. All of these three transects were set in mid-tidal zone. 13 zoobenthos species were observed, with 7 species of arthropod, 4 species of mollusk, and 2 species of annelid. In spring, there were 6, 8 and 10 species in transects I, II and III, while in autumn, the species number was 6, 8 and 12, respectively. The mean abundance of zoobenthos community in all transects was higher in autumn than in spring, and transect III had the highest mean abundance and biomass both in autumn and spring. Transect III also had the highest evenness, richness and diversity, indicating that grazing could change the species distribution of zoobenthos, and affect their abundance and biomass to different degree. Grazing had made certain negative effects on the biodiversity of zoobenthos community in Chongming Dongtan wetland.

Key words: grazing; zoobenthos; Chongming Dongtan wetland.

1 引 言

上海崇明东滩作为全球迁徙候鸟的重要栖息地和越冬地,已引起国内外有关湿地、生态专家的高度重视和关注^[12]. 候鸟栖息地生态环境的优劣,尤其是栖息地内人为因素的干扰、鸟类食物的丰欠与鸟类栖息、摄食密切相关. 近年来,由于经济利益的驱动,每年在农闲季节,当地的农民或外来的牧民到滩

涂上放牧,仅在崇明东滩最适宜鸟类取食的核心区大约放牧着600~800头水牛,大量啃食蘆草,践踏湿地. 蘆草带是各种鸟类的主要栖息地之一,其球茎和种子也是雁鸭类(如小天鹅)和白头鹤的主要食物,而滩涂植被又是大量底栖动物穴居和摄食的场所,植被的破坏将不可避免地底栖动物的种群结构产生影响^[2-6,9,13-14]. 迄今为止,尚无放牧对滩涂动植物资源影响的研究报道. 本文系统地研究了放牧对滩涂大型底栖动物的影响,旨在了解放牧对底栖动物影响的特点和规律,为保护区的建设提供理论依据,并为深入研究湿地生态系统提供基础资料.

* 上海市科学技术委员会重大资助项目(04DZ19301,05DZ12005).

** 通讯作者. E-mail: ylzha@bio.ecnu.edu.cn

2006-03-30 收稿,2007-02-08 接受.

2 研究区域与研究方法

2.1 样地选择和生境特点

在崇明东滩团结沙至东旺沙之间的放牧区共设 3 个样区(均在中潮带), I 样区的经纬度为 31°27'42.5" N, 121°55'50.7" E; II 样区为 31°28'21.4" N, 121°56'22.7" E; III 样区为 31°27'52.0" N, 121°55'37.2" E. I、II 样区设在水牛摄食区, III 样区为非摄食区. 其中 I 样区植被已基本被水牛摄食殆尽, 泥滩裸露; II 样区植被被水牛摄食过, 残留植物高矮不一; III 样区的植被生长完好. 3 个样区在崇明东滩处于同一水平面上, 根据以往的调查结果, 其生境及动植物种类、数量无明显差异^[12].

2.2 调查方法

于 2005 年 5 月(春季)和 10 月(秋季)对放牧区内滩涂底栖动物进行定量采样调查. 每个样区设置样点 3 个, 每个样点根据动物穴居的特点, 随机设置一定深浅的 50 cm × 50 cm 样方 5 个. 用铁铲挖取土样, 用铁筛网(10、20 和 40 目)分别筛选、分离大中型底栖动物, 用塑料瓶分装, 70% 乙醇固定. 其中环节动物、节肢动物昆虫标本分开盛放, 以防损坏标本. 实验室分离并鉴定标本^[1,11], 取每个样区样方内的底栖动物数量(或生物量)的平均值, 作为该样区底栖动物的数量(或生物量).

2.3 数据统计分析

采用以下公式计算生物多样性指数^[7-10]:

Margalef 多样性指数 $d = S - 1/\log_2 N$;

Shannon-Wiener 指数 $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$;

Pielou 种类均匀度指数

$$J = (- \sum P_i \log_2 P_i) / \log_2 S;$$

Simpson 指数

$$D = 1 - \sum [n_i(n_i - 1) / N(N - 1)];$$

Eucidean distance 欧氏距离

$$ED = \sqrt{ \sum_{i=1}^s (X_{ij} - X_{ik})^2 }.$$

式中: S 为总种数; P_i 为种 i 的个体数占总个体数的比例; n_i 为第 i 种的个体数; N 为所有种的个体总数; 群落欧氏距离采用原始数据 4 次方根转换, X_{ij} 是第 i 种在第 j 个样方中的丰度经变化后的数值, X_{ik} 是第 i 种在第 k 个样方中的丰度经变化后的数值. 在相似性指数的基础上, 进行群落结构多位序列分析(Multidimensional Scale, MDS).

表 1 各样区底栖动物种类及种类数

Tab.1 Species and their quantity of zoobenthos in different sampling areas

种类 Species	春季 Spring			秋季 Autumn		
	I	II	III	I	II	III
节肢动物 Arthropoda						
谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i> (Rathbun)	+	+	+	+	+	+
无齿相手蟹 <i>Sesarma</i> (<i>Holometopus</i>) <i>dehaani</i> H. Milne-Edwards	+	+	+	+	+	+
天津厚蟹 <i>Helice</i> (<i>Helice</i>) <i>tientsinensis</i> Rathbun		+	+		+	
沈氏厚蟹 <i>Helice tridens sheni</i> Sakai						+
伍氏仿厚蟹 <i>Helice</i> (<i>Helicana</i>) <i>wuana</i> Rathbun						+
螻蛄 <i>Gryllotalpa</i> sp.			+			+
昆虫幼虫 Insect larva		+	+	+	+	+
合计 Total	2	4	5	3	4	6
软体动物 Mollusks						
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i> A. Adams	+	+	+	+	+	+
缟拟沼螺 <i>Assiminea latericera</i> H. & A. Adams		+	+	+	+	+
堇拟沼螺 <i>Assiminea violacea</i> Heude	+		+	+	+	+
琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i> A. Adams						+
合计 Total	2	2	3	3	3	4
环节动物 Annelida						
索沙蚕 <i>Lumbrieris</i> sp.	+	+	+			+
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede	+	+	+		+	+
合计 Total	2	2	2	0	1	2
总计 Grand total	6	8	10	6	8	12

+ 表示物种在该采样区有分布 There was the species appeared in the sampling area.

3 结果与分析

3.1 放牧对底栖动物种类分布的影响

本次调查的 3 个样区共计 90 个样方, 采集到底栖动物 13 种, 其中节肢动物 7 种, 占总种数的 53.85%, 以甲壳动物为主; 软体动物 4 种, 占总种数的 30.77%; 环节动物 2 种, 占 15.38% (表 1).

从表 1 可以看出, 放牧区的 I、II 样区春季底栖动物比 III 样区分别少 4 种和 2 种; 秋季 I、II 样区底栖动物种类则比 III 样区分别少 6 种和 4 种. 春、秋季 3 个样区均可采集到谭氏泥蟹 [*Ilyoplax deschampsii* (Rathbun)]、无齿相手蟹 [*Sesarma* (*Holometopus*) *dehaani* H. Milne-Edwards] 和光滑狭口螺 (*Stenothyra glabra* A. Adams). 春季的 I 样区比 III 样区少了节肢动物的天津厚蟹 [*Helice* (*Helice*) *tientsinensis* Rathbun]、螻蛄 (*Gryllotalpa* sp.), 软体动物的缟拟沼螺 (*Assiminea latericera* H. & A. Adams) 等; II 样区则无螻蛄和堇拟沼螺 (*Assiminea violacea* Heude) 的分布. 秋季各样区的种类分布差异更为明显, I 样区比对照样区少了节肢动物的沈氏厚蟹 (*Helice tridens sheni* Sakai)、伍氏仿厚蟹 [*Helice* (*Helicana*) *wuana* Rathbun]、螻蛄, 环节动物的索沙蚕 (*Lumbrieris* sp.) 和霍甫水丝蚓 (*Limnodrilus hoffmeisteri* Clap), II 样区则无沈氏厚蟹、伍氏仿厚蟹、索沙蚕的

分布. 表明放牧改变了底栖动物的区域性分布. 这可能与底栖动物赖以生存的植被状况的改变有关. 通常底栖动物以水体或泥沙中的有机碎屑等为食, 但也以植物的种子、根、茎为食, 且以植物遮蔽作为栖息地, 如节肢动物的天津厚蟹、沈氏厚蟹、伍氏仿厚蟹, 软体动物的缙拟沼螺、堇拟沼螺等, 通常在裸露的泥滩或植被不佳的滩涂无分布或极少分布. 因为

放牧对植被的破坏, 使该区域的底栖动物种类有不同程度的改变, 受水牛踏食草的区域底栖动物种数明显减少.

3.2 放牧对底栖动物数量分布的影响

从表2和表3可以看出, 各样区秋季的总数量(栖息密度)均比春季高, 春、秋各季各样区的总数量又以Ⅲ样区最高.

表2 各样区底栖动物总栖息密度及总生物量

Tab.2 Total densities ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$) and biomasses ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) of zoobenthos in different sampling areas

季节 Season	类群 Group	I		II		III	
		密度 Density	生物量 Biomass	密度 Density	生物量 Biomass	密度 Density	生物量 Biomass
春季 Spring	节肢动物 Arthropoda	228.65	58.20	103.80	35.80	38.45	74.28
	软体动物 Mollusks	14.79	0.08	269.50	3.43	828.30	10.28
	环节动物 Annelida	13.29	0.16	2.80	0.04	16.00	0.16
	总计 Total	256.73	58.44	376.10	39.27	882.75	84.72
秋季 Autumn	节肢动物 Arthropoda	266.30	37.21	151.30	38.33	15.95	174.09
	软体动物 Mollusks	513.30	8.32	2687.35	32.76	3135.60	43.33
	环节动物 Annelida	0	0	0.15	0.01	5.40	0.07
	总计 Total	779.60	45.53	2838.80	70.96	3156.95	217.49

表3 春季和秋季各样区不同底栖动物平均栖息密度及平均生物量

Tab.3 Mean densities ($\text{ind} \cdot \text{m}^{-2}$) and mean biomasses ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$) of zoobenthos in spring and autumn

季节 Season	物种 Species	I		II		III	
		密度 Density	生物量 Biomass	密度 Density	生物量 Biomass	密度 Density	生物量 Biomass
春季 Spring	节肢动物 Arthropoda						
	谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i> (Rathbun)	228.00	48.88	86.65	21.81	14.00	4.22
	无齿相手蟹 <i>Sesarma (Holometopus) dehaani</i> H. Milne-Edwards	0.65	9.32	0.65	8.69	4.30	62.55
	天津厚蟹 <i>Helice (Helice) tientsinensis</i> Rathbun	0	0	0.50	4.63	0.70	6.01
	沈氏厚蟹 <i>Helice tridens sheni</i> Sakai	0	0	0	0	0	0
	伍氏仿厚蟹 <i>Helice (Helicana) wuana</i> Rathbun	0	0	0	0	0	0
	蝼蛄 <i>Gryllotalpa</i> sp.	0	0	0	0	1.15	0.92
	昆虫幼虫 Insect larva	0	0	16.00	0.67	18.30	0.58
	软体动物 Mollusks						
	光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i> A. Adams	1.15	0.02	268.00	3.22	825.70	9.91
	缙拟沼螺 <i>Assiminea latericera</i> H & A. Adams	0	0	1.50	0.21	2.30	0.32
	堇拟沼螺 <i>Assiminea violacea</i> Heude	0.35	0.06	0	0	0.30	0.05
	琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i> A. Adams	0	0	0	0	0	0
	环节动物 Annelida						
索沙蚕 <i>Lumbrieris</i> sp.	0.29	0.07	0.15	0.01	2.00	0.05	
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede	13.00	0.09	2.65	0.03	14.00	0.11	
秋季 Autumn	节肢动物 Arthropoda						
	谭氏泥蟹 <i>Ilyoplax deschampsii</i> (Rathbun)	265.30	26.58	148.50	15.58	2.00	0.21
	无齿相手蟹 <i>Sesarma (Holometopus) dehaani</i> H. Milne-Edwards	0.85	10.62	2.00	21.48	12.30	165.44
	天津厚蟹 <i>Helice (Helice) tientsinensis</i> Rathbun	0	0	0.15	1.12	0	0
	沈氏厚蟹 <i>Helice tridens sheni</i> Sakai	0	0	0	0	0.70	5.81
	伍氏仿厚蟹 <i>Helice (Helicana) wuana</i> Rathbun	0	0	0	0	0.35	2.38
	蝼蛄 <i>Gryllotalpa</i> sp.	0	0	0	0	0.30	0.24
	昆虫幼虫 Insect larva	0.15	0.01	0.65	0.01	0.30	0.01
	软体动物 Mollusks						
	光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i> A. Adams	500.50	6.21	2686.50	32.61	3106.30	38.71
	缙拟沼螺 <i>Assiminea latericera</i> H & A. Adams	6.65	1.11	0.35	0.06	25.00	4.18
	堇拟沼螺 <i>Assiminea violacea</i> Heude	6.15	1.00	0.50	0.09	2.30	0.41
	琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i> A. Adams	0	0	0	0	2.00	0.03
	环节动物 Annelida						
索沙蚕 <i>Lumbrieris</i> sp.	0	0	0	0	0.70	0.02	
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparede	0	0	0.15	0.01	4.70	0.05	

春季 I、II、III 样区的底栖动物数量分别为 256.73、376.1 和 882.75 ind · m⁻²。其中影响 I 样区数量高低的主要是节肢动物谭氏泥蟹,在该样区就有 228 ind · m⁻²; II 样区数量较多的是节肢动物和软体动物类群,其中以节肢动物的谭氏泥蟹和软体动物的光滑狭口螺为主,在该样区分别高达 86.65 和 268 ind · m⁻²;与 I、II 样区相比, III 样区略有不同,影响其数量高低的主要是软体动物光滑狭口螺,在该样区有 825.7 ind · m⁻²。秋季的底栖动物数量分布情况与春季的相似。I、II、III 样区的底栖动物数量分别为 779.6、2 838.8 和 3 156.95 ind · m⁻²。支配 I、II 样区底栖动物数量高低的主要是节肢动物谭氏泥蟹和软体动物光滑狭口螺;在 III 样区则主要是软体动物光滑狭口螺,数量高达 3 106.3 ind · m⁻²。调查表明,放牧造成的生境差异导致底栖动物主要类群及其类群内的主要种类发生不同程度的改变,放牧区的底栖动物数量有所下降。

秋季样区内的底栖动物数量要高于春季。这是因为,冬季部分底栖动物因环境寒冷而死亡,部分底栖动物被迁徙至此的候鸟所摄食,导致春季底栖动物数量较少;而水牛群啃食植物、践踏滩涂改变了生境,导致喜好不同生境的底栖动物重新分布。如谭氏泥蟹喜欢在植被较少、光滑、相对干燥的滩涂生境中穴居生活;植被茂盛、生境的保水性较好的生境谭氏泥蟹分布数量较少。放牧导致喜欢干燥环境的谭氏泥蟹重新分布。而光滑狭口螺和无齿相手蟹则与谭氏泥蟹的习性刚好相反,喜欢生活在水分充足的潮湿环境中,分布在滩涂表面,以土表的藻类或植物等为食,植物茂盛、水分充足,适宜其生长繁衍。经过春、夏季的繁殖及生境改变导致的重新分布,秋季底栖动物总体数量有所增加。

3.3 放牧对底栖动物生物量的影响

底栖动物的生物量与其数量密切相关,春、秋各样区内的总生物量以 III 样区的生物量最大; II 样区的生物量又要高于 I 样区的(秋季)。但春季 II 样区的数量高于 I 样区,生物量则比 I 样区的低,这主要与底栖动物的个体大小有关。I 样区的谭氏泥蟹数量较多, II 样区的光滑狭口螺数量较多,但谭氏泥蟹的个体质量大于光滑狭口螺,因此 I 样区生物量较大。同样在 III 样区,尽管光滑狭口螺的数量多达 3 106.3 ind · m⁻²,但其个体生物量仅为 38.71 g · m⁻²,而个体较大的无齿相手蟹只有 12.3 ind · m⁻²(秋季),其生物量高达 165.44 g · m⁻²,使总生物量较大。即放牧改变了底栖动物种类的分布格局,使底

栖动物的数量、生物量也有不同程度的改变。

3.4 放牧对底栖动物生物多样性指数的影响

由于光滑狭口螺的数量较多,为了使多样性指数更好地反映底栖动物的实际状况,未将其统计在内。由表 4 可知, III 样区的多样性数、均匀度和丰富度均最高,说明放牧对崇明东滩底栖动物的生物多样性产生了一定的负面影响。

表 4 各样区底栖动物多样性指数

Tab. 4 Diversity indexes of benthic community in different sampling areas

季节 Season	样区 Sampling area	<i>H'</i>	<i>D</i>	<i>J</i>	<i>d</i>
春季 Spring	I	0.357	0.112	0.154	0.560
	II	0.976	0.339	0.348	1.010
	III	2.390	0.781	0.754	1.600
秋季 Autumn	I	0.351	0.112	0.151	0.548
	II	0.218	0.339	0.078	0.934
	III	2.196	0.781	0.635	2.069

3.5 生境分化及聚类分析

由图 1a 可知,放牧使各样区的底栖动物群落发生了明显的变化:秋季的 I 样区和 II 样区距离最小;

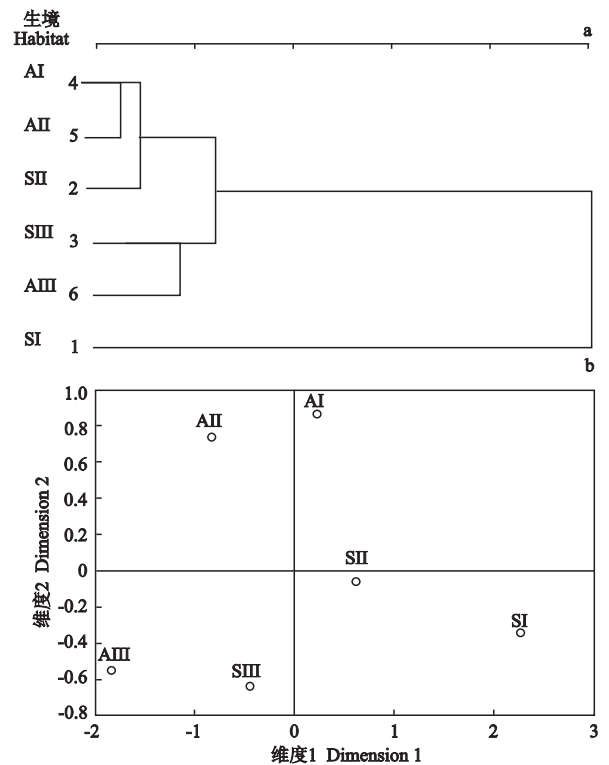


图 1 春秋季节底栖动物群落系统聚类图(a)及二维非度量标排序图(b)

Fig. 1 Hierarchical cluster dendrogram of benthic communities (a) and 2-dimensional MDS ordinal configuration at 3 transects of spring and autumn (b)

S: 春季 Spring; A: 秋季 Autumn; I、II、III: 样区 Transect.

春季的Ⅲ样区与秋季的Ⅲ样区距离较小;春季Ⅰ样区与其它样区距离最大.表明春、秋各季放牧对底栖动物均会造成不同程度的影响,尤其是春季高强度的放牧对底栖动物产生的负面影响更为显著.

由图1b可知,放牧对底栖动物群落的影响要大于季节差异对底栖动物的影响.春季的Ⅰ样区和Ⅱ样区以及秋季的Ⅰ样区和Ⅱ样区产生了明显的分化;随着放牧的持续,放牧区的SⅠ、SⅡ和AⅠ、AⅡ样区与非放牧区的SⅢ和AⅢ样区之间的距离增大,其胁迫值(S)为0.004 (<0.1),说明放牧对底栖动物造成了一定的影响.

4 结 论

1)放牧活动破坏了滩涂植被生境,改变了底栖动物的分布格局,使底栖动物种类数有所下降.长期生活在潮间带的不同底栖动物形成了特定的生境需求.生境改变可导致某些种类的消失,如无齿相手蟹为崇明东滩潮间带的常见种类^[12-13,15],而春季调查时在Ⅰ样区内却极少发现,Ⅱ样区无齿相手蟹的数量也明显少于Ⅲ样区.

2)滩涂常见种,如节肢动物潭氏泥蟹和无齿相手蟹、软体动物光滑狭口螺等的数量相对较大,对滩涂生境的要求不十分苛刻.放牧带来的生境改变仅导致其数量上的增减.如由于植被的破坏,光滑狭口螺数量急剧减少,而潭氏泥蟹数量大幅增加.这种影响对崇明东滩底栖动物的群落结构是利还是弊?仅凭本次采样调查结果尚难有定论.需要对该区域的底栖动物进行更长时间的跟踪调查,并从整个底栖动物群落的结构特点加以分析考虑,兼顾放牧区的面积大小及与生境有关的理化因子的改变等.从理论上讲,随着人为干扰强度的增加,长期以来形成的稳定的底栖动物群落结构会受到不利影响.

参考文献

- [1] Cai R-X (蔡如星), Huang W-H (黄惟灏). 1991. Fauna of Zhejiang: Mollusks. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press. (in Chinese)
- [2] Chamberlain J, Fernandes TF, Read P, et al. 2001. Impacts of biodeposits from suspended mussel (*Mytilus edulis* L.) culture on the surrounding surficial sediments. *Journal of Marine Science*, **58**: 411-416
- [3] Chen J-Q (陈吉泉). 1996. Riparian vegetation characteristic and their functions in ecosystems and landscapes. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, **7**(4): 439-448 (in Chinese)
- [4] Drake P, Arias AM. 1997. The effect of aquaculture practices on the benthic macro-invertebrate community of

- a lagoon system in the bay of Cadiz (Southwestern Spain). *Estuaries*, **20**: 677-688
- [5] Ge Z-M (葛振鸣), Wang T-H (王天厚), Shi W-Y (施文彧), et al. 2005. Secondary succession characteristics of vegetations on reclaimed land inside Chongming wetland seawall. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, **16**(9): 1677-1681 (in Chinese)
- [6] Hall SJ, Harding MJC. 1997. Physical disturbance and marine benthic communities: The effects of mechanical harvesting of cockles on non-target benthic in fauna. *Journal of Applied Ecology*, **34**: 497-517
- [7] Liu C-R (刘灿然), Ma K-P (马克平), Lü Y-H (吕延华), et al. 1998. Measurement of biotic community diversity. VI. The statistical aspects of diversity measures. *Chinese Biodiversity (生物多样性)*, **6**(3): 229-239 (in Chinese)
- [8] Ma K-P (马克平), Liu Y-M (刘玉明). 1994. Measurement of biotic community diversity: Measurement of α -biodiversity. *Chinese Biodiversity (生物多样性)*, **2**(4): 231-239 (in Chinese)
- [9] Peng S-L (彭少麟), Ren H (任海), Zhang Q-M (张倩媚). 2003. Theories and techniques of degraded wetland ecosystem restoration. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, **14**(11): 2026-2030 (in Chinese)
- [10] Pielou EC. 1975. Ecological Diversity. New York: John Wiley.
- [11] Wei C-D (魏崇德), Chen Y-S (陈永寿). 1991. Fauna of Zhejiang: Crustacea. Zhejiang: Zhejiang Science and Technology Press. (in Chinese)
- [12] Xu H-F (徐宏发), Zhao Y-L (赵云龙). 2005. Scientific Survey on Chongming Dongtan Migratory Birds Nature Reserve of Shanghai. Beijing: China Forestry Press. (in Chinese)
- [13] Yan C-Y (颜昌宙), Jin X-C (金相灿), Zhao J-Z (赵景柱), et al. 2005. Ecological restoration and reconstruction of degraded lakeside zone ecosystem. *Chinese Journal of Applied Ecology (应用生态学报)*, **16**(2): 360-364 (in Chinese)
- [14] Yuan X-Z (袁兴中), Lu J-J (陆健健). 2001. Influence of diking on the benthic macro-invertebrate community structure and diversity in the south bank of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **21**(10): 1642-1647 (in Chinese)
- [15] Yuan X-Z (袁兴中), Lu J-J (陆健健), Liu H (刘红). 2002. Influence of characteristics of *Scirpus mariqueter* community on benthic macro-invertebrate in salt marsh of the Changjiang Estuary. *Acta Ecologica Sinica (生态学报)*, **22**(3): 326-333 (in Chinese)

作者简介 赵云龙,男,1963年生,教授,博士生导师.主要从事水生动物发育生物学和水生底栖动物生态学研究,发表论文50余篇.E-mail: ylzhaol@bio.ecnu.edu.cn

责任编辑 肖红

