

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 15 期 Vol.31 No.15 **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 15 期

2011 年 8 月 (半月刊)

目 次

地面节肢动物营养类群对土地覆被变化和管理扰动的响应·····	李锋瑞,刘继亮,化伟,等 (4169)
两种书虱微卫星富集文库的构建及比较·····	魏丹丹,袁明龙,王保军,等 (4182)
菲律宾蛤仔 EST-SSRs 标记开发及不同地理群体遗传多样性·····	闫喜武,虞志飞,秦艳杰,等 (4190)
菲律宾蛤仔大连群体不同世代的遗传多样性·····	虞志飞,闫喜武,杨霏,等 (4199)
玻璃温室与田间栽培小麦幼穗分化的比较·····	姜丽娜,赵艳岭,邵云,等 (4207)
施用有机肥环境下盐胁迫小麦幼苗长势和内源激素的变化·····	刘海英,崔长海,赵倩,等 (4215)
黄土高原半干旱区气候变化对春小麦生长发育的影响——以甘肃定西为例·····	姚玉璧,王润元,杨金虎,等 (4225)
不同耕作模式下稻田水中氮磷动态特征及减排潜力·····	冯国禄,杨仁斌 (4235)
大田环境下转 Bt 基因玉米对土壤酶活性的影响·····	颜世磊,赵蕾,孙红炜,等 (4244)
短期淹水培养对水稻土中地杆菌和厌氧粘细菌丰度的影响·····	朱超,Stefan Ratering,曲东,等 (4251)
气候变化背景下广东晚稻播期的适应性调整·····	王华,陈新光,胡飞,等 (4261)
长期封育对不同类型草地碳贮量及其固持速率的影响·····	何念鹏,韩兴国,于贵瑞 (4270)
黄土丘陵区两种主要退耕还林树种生态系统碳储量和固碳潜力·····	刘迎春,王秋凤,于贵瑞,等 (4277)
植物叶表面的润湿性及其生态学意义·····	石辉,王会霞,李秧秧 (4287)
长白山北坡主要森林群落凋落物现存量月动态·····	郑金萍,郭忠玲,徐程扬,等 (4299)
古尔班通古特沙漠及周缘 52 种植物种子的萌发特性与生态意义·····	刘会良,宋明方,段士民,等 (4308)
吉首蒲儿根的繁殖生态学特性及其濒危成因·····	邓涛,陈功锡,张代贵,等 (4318)
栖息地永久性破坏的比例对物种多度稳定值影响的迭代算法·····	时培建,戈峰,杨清培 (4327)
喷施多效唑提高麻疯树幼苗耐盐性的生理机制·····	毛轶清,郑青松,陈健妙,等 (4334)
阿尔山落叶松主要蛀干害虫的种群空间生态位·····	袁菲,骆有庆,石娟,等 (4342)
2009 年云南省白背飞虱早期迁入种群的虫源地范围与降落机制·····	沈慧梅,吕建平,周金玉,等 (4350)
中华稻蝗长沙种群的生活史及其卵滞育的进化意义·····	朱道弘,张超,谭荣鹤 (4365)
“518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系·····	施晓丽,毕守东,耿继光,等 (4372)
青藏东缘若尔盖高寒草甸中小型土壤动物群落特征及季节变化·····	张洪芝,吴鹏飞,杨大星,等 (4385)
青海可鲁克湖水鸟季节动态及渔鸥活动区分析·····	张国钢,刘冬平,侯韵秋,等 (4398)
排放与森林碳汇作用下云南省碳净排放量估计·····	刘慧雅,王铮,马晓哲 (4405)
北京城市生态占水研究·····	柏樱岚,王如松,姚亮 (4415)
专论与综述	
植物水分传输过程中的调控机制研究进展·····	杨启良,张富仓,刘小刚,等 (4427)
环境介质中的抗生素及其微生物生态效应·····	俞慎,王敏,洪有为 (4437)
自然生态系统中的厌氧氨氧化·····	沈李东,郑平,胡宝兰 (4447)
研究简报	
山东半岛南部海湾底栖动物群落生态特征及其与水环境的关系·····	张莹,吕振波,徐宗法,等 (4455)
新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系·····	杨丽丽,周小玉,刘其根,等 (4468)
不同施肥与灌水量对槟榔土壤氮挥发的影响·····	卢丽兰,甘炳春,许明会,等 (4477)
学术信息与动态	
水土资源保持的科学政策:全球视野及其应用——第 66 届美国水土保持学会国际学术年会述评·····	卫伟 (4485)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 320 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 34 * 2011-08



封面图说: 塞罕坝地处内蒙古高原南缘向华北平原的过渡带,地势分为坝上、坝下两部分。解放初期,这里是“飞鸟无栖树,黄沙遮天日”的荒原沙丘,自 1962 年建立了机械化林场之后,塞罕坝人建起了 110 多万亩人工林,造就了中国最大的人工林林场。这是让人叹为观止的落叶松人工林海。

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

杨丽丽, 周小玉, 刘其根, 胡忠军, 王钰博, 江敏, 沈建忠, 刘军, 李周永, 郝志才. 新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替及与环境因子的关系. 生态学报, 2011, 31(15): 4468-4476.

Yang L L, Zhou X Y, Liu Q G, Hu Z J, Wang Y B, Jiang M, Shen J Z, Liu J, Li Z Y, Hao Z C. Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(15): 4468-4476.

新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替 及与环境因子的关系

杨丽丽¹, 周小玉¹, 刘其根^{1,*}, 胡忠军¹, 王钰博¹, 江敏¹, 沈建忠², 刘军³,
李周永³, 郝志才³

(1. 上海海洋大学农业部水产种质资源创新与利用重点开放实验室, 上海 201306;

2. 华中农业大学水产学院, 武汉 430070; 3. 新疆维吾尔自治区福海县水产局, 福海 836400)

摘要:通过 2006 年 11 月至 2008 年 8 月 2 周年 8 个季度的野外采样调查和室内分析, 研究了新疆乌伦古湖浮游甲壳动物的季节演替格局及其与环境因子的相关性。结果表明, 枝角类和桡足类的总种类数为 25 种, 其中枝角类 6 种, 桡足类 19 种。枝角类 Shannon-Wiener 指数 2007 年夏季和 2008 年夏季较高, 2007 年冬季最低; Pielou 指数 2006 年冬季最高; 桡足类 Shannon-wiener 指数和 Pielou 指数除冬季较低外, 其余三季较高。方差分析结果表明枝角类和无节幼体的密度与生物量呈现出显著的季节变动格局, 其中, 枝角类密度和生物量在夏秋季形成单一高峰, 最大值出现在 2007 年夏, 最大密度和生物量分别为 2.12 个/L 和 0.062 mg/L, 而无节幼体密度和生物量形成春秋双高峰, 其最大值出现在 2007 年春, 密度和生物量分别为 5.14 个/L 和 0.015 mg/L, 桡足类密度和生物量季节变化不明显。优势种的季节演替方面, 象鼻溞和模式有爪猛水蚤全年形成优势, 其他枝角类、哲水蚤和剑水蚤不同季节的优势种各异。经典对应分析(CCA)结果表明, 长刺溞等与水体中的 pH 值、SD 呈正相关, 与浮游植物生物量呈负相关; 长额象鼻溞等与水深呈正相关, 无节幼体等与水温也呈正相关性。

关键词:浮游甲壳动物; 季节演替; 环境因子; 典范对应分析

Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang

YANG Lili¹, ZHOU Xiaoyu¹, LIU Qigen^{1,*}, HU Zhongjun¹, WANG Yubo¹, JIANG Min¹, SHEN Jianzhong², LIU Jun³, LI Zhouyong³, HAO Zhicai³

1 Laboratory of Aquatic Ecology and Aquaculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

2 The college of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

3 Fishery Bureau of Fuhai of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Fuhai 836400, China

Abstract: Lake Ulungur is one of the ten largest freshwater lakes in China. This large inland endorheic lake of Northwestern China (Xinjiang) supports a significant fishery production of the region. It plays an important role in maintaining ecosystem balance and provides various ecosystem services to the sustainable social development of the region. Information regarding the variation or succession of crustacean zooplankton will be critical for understanding how regional climate changes or anthropogenic activities (or both) impacts the evolution and resilience of the lake ecosystem. In this study, we investigated the community structure and the seasonal succession pattern of crustacean zooplankton and their correlation to various environmental factors in Lake Ulungur between November 2006 and August 2008. The samples were

基金项目:上海市重点学科项目(Y1101); 新疆福海县人民政府资助项目

收稿日期:2010-12-06; **修订日期:**2011-05-30

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: qgliu@shou.edu.cn

collected from three layers: 0.5 m under the water surface, the middle layer, and 0.5 m above bottom. For each sample, 15L of lake water was strained using a plankton net with a mesh size of 64 μ m. The samples were fixed with Lugol's solution. The biomass (in wet weight) of Cladocera and Copepoda was estimated by the equations of weight vis-a-vis length. Results showed that a total of 25 zooplankton species were identified, including 6 Cladocera species and 19 Copepoda species. Cladocera had the highest value of Shannon-wiener index in the summer of 2007, 2008 (1.662, 1.402) and the lowest value in the winter of 2007 (0), while the value of Pielou's index was high in the winter of 2006 (0.990). For Copepoda, values of Shannon-wiener indices and Pielou's indices were higher in the spring, summer and autumn (3.032, 3.130, 3.102; 0.876, 0.942, 0.934). Analysis of Variance (ANOVA) showed significant seasonal variations in density and abundance of cladocerans and nauplius, respectively. The peak density (2.116 ind./L) and biomass (0.0619 mg/L) of cladoceran appeared in Summer of 2007, and nauplius showed the maximal density (5.140 ind./L) and biomass (0.0154 mg/L) in the Spring of 2007.

The species whose abundance is more than 5% of the total crustacean density were considered 'dominant'. *Bosmina longirostris*, *Onychocamptus mohammed* were the dominant species in all seasons. In addition, there were seasonal dominant species of cladocera, Calanoida and Cyclopoidea, likely as a result of combined effects of the predation of pond smelt (*Hypomesus nipponensis*), the dominant planktivorous fish species in the lake, and the seasonal variation of phytoplankton abundance. Canonical correspondence analysis (CCA) was applied to explore the relationship between variation of crustacean zooplankton species and environmental factors. The results showed that certain species, such as *Daphnia longispina*, were positively associated with pH and Secchi disk transparency as well as negatively associated with phytoplankton biomass. Among other species, *Bosmina longirostris* were correlated positively with water depth while Nauplius were showed positive correlation with water temperature.

Key Words: crustacean zooplankton; seasonal succession; environmental factors; canonical correspondence analysis

浮游甲壳动物包括枝角类与桡足类^[1],多以浮游植物为食,其本身又是浮游动物食性鱼类的主要饵料,对水体生态系统物质循环和能量流动以及维持水体鱼类多样性等都起着十分重要的作用^[2]。有关浮游动物的季节变动格局是国际湖沼学研究的重要内容,且已取得了许多理论成果,如 Sommer 等人研究提出了著名的浮游动物季节演替 PEG 模型^[3]。通常,生物(比如浮游动物控制浮游植物生物量会随着营养状况的变化而变化^[4])和非生物(包括温度、溶解氧、可溶解的营养盐等^[5])因素机制被认为是湖泊或水库浮游动物结构季节演替的共同因素^[6]。

20 世纪 90 年代,池沼公鱼被引入乌伦古湖,由于移植鱼类具有较优越的生物学特性,引进后很快成为优势群体,并对湖泊中的土著鱼类(如河鲈)产生了严重影响,已被列为入侵鱼类。然而池沼公鱼除了对河鲈的影响外,其作为一种食浮游动物鱼类,其必然会对浮游动物群落结构产生较大影响。因此,乌伦古湖中的浮游动物,究竟是受上行效应(即受水体中营养盐和浮游植物)的影响还是更受下行效应(即池沼公鱼的捕食作用)所控制,是值得深入研究的科学问题。

目前,关于乌伦古湖浮游甲壳动物的历史研究较少,陈伟民等曾于 1986 年 8 月对乌伦古湖的浮游生物做了初步调查^[7],任慕莲、姜作发等也于 1986—1987 年对乌伦古湖的子湖——吉力湖开展了较为系统的研究^[8],其中包括了该湖浮游动物的资料;此后的 10 余年有关乌伦古湖的浮游生物一直缺乏研究。直到叶尚明等于 2001—2002 年对乌伦古湖开展的一次水生生物资源调查^[9](其中包含了浮游动物的相关资料),关于乌伦古湖浮游动物群落结构及其与环境因子的相关性研究仍比较缺乏。

本文通过两周年的逐季采样调查,探讨以食浮游动物鱼类——池沼公鱼为优势种的乌伦古湖中浮游甲壳动物密度和生物量的季节变化以及优势种的季节演替,并运用 CCA 方法探讨浮游甲壳动物演替与环境因子的相关性,为了解外来种池沼公鱼对湖泊生态系统的影响、乌伦古湖水环境的演变等提供重要的依据。

1 材料与方法

1.1 采样设置与方法

根据地表水监测技术规范(HJ/T 91—2002)的有关规定^[10],设置28个采样点,25个位点位于布伦托海,3个位点位于小海子,于2006年11月、2007年1月、4月、7月、10月、2008年1月、5月、7月分别为2006年秋季、冬季,2007年春季、夏季、秋季、冬季,2008年春季、夏季,每季度分别采样一次。采样点分布如图1所示。浮游动物样品的采集、记数、种类鉴定均按《淡水浮游生物研究方法》、《中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水枝角类》、《中国动物志节肢动物门甲壳纲淡水桡足类》等资料进行^[11-13]。

1.2 数据处理

桡足类的生物量由相近的几何形状计算出体积,再乘以密度加以换算^[14],枝角类的生物量根据体长体重回归方程^[15]换算。每个种类密度大于总物种密度的5%为优势种。浮游甲壳动物密度与季节、年份的方差分析(ANOVA)以及与理化因子的相关性分析用SPSS软件处理。采用Canoco for Windows 4.5软件对浮游甲壳动物物种数据和环境数据进行CCA分析。利用Canoco for Windows软件包中的WcanoImp将物种矩阵和环境因子矩阵分别生成名为spe.dta和env.dta的文件。应用Canoco for Windows 4.5进行运算,将生成的数据文件spe-env.cdw在Canodraw for Windows中作图,排序结果用物种-环境因子关系的双序图表示。

多样性指数(H')的计算采用Shannon-wiener公式:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

均匀度指数(J)采用Pielou公式:

$$J = H' / \log_2 S$$

式中, S 为样品中的物种个数; P_i 为第*i*种的个体数与样品中的总个数的比^[16]。

2 结果

2.1 种类组成及多样性分析

通过对全部定性、定量样品的分析,共观察到浮游甲壳动物16属25种,其中桡足类19种,占总种类数的76%;枝角类6种,占24%。乌伦古湖枝角类全湖平均密度为0.63个/L,平均生物量为0.021 mg/L;桡足类全湖平均密度为1.78个/L,平均生物量为0.045 mg/L。

根据浮游甲壳动物各季节的Shannon-wiener指数和Pielou指数(表1),枝角类在2007年夏季和2008年夏季,Shannon-wiener指数 H' 最高,达1.662和1.402,Pielou指数处于中等水平,为0.716和0.701,多样性最高但均匀度不高。2007年冬季枝角类的种类数很少,枝角类Shannon-wiener指数 H' 为0。桡足类冬季多样性指数较低(2007年和2008年分别为0.621、0.590),其余春夏秋的Shannon-wiener指数 H' 较高,最高的出现在2007年夏季和2008年春夏季节,分别为3.032、3.130、3.102,Pielou指数也在一个较高的水平,分别为0.876、0.942、0.934,多样性较高,均匀度也较高。

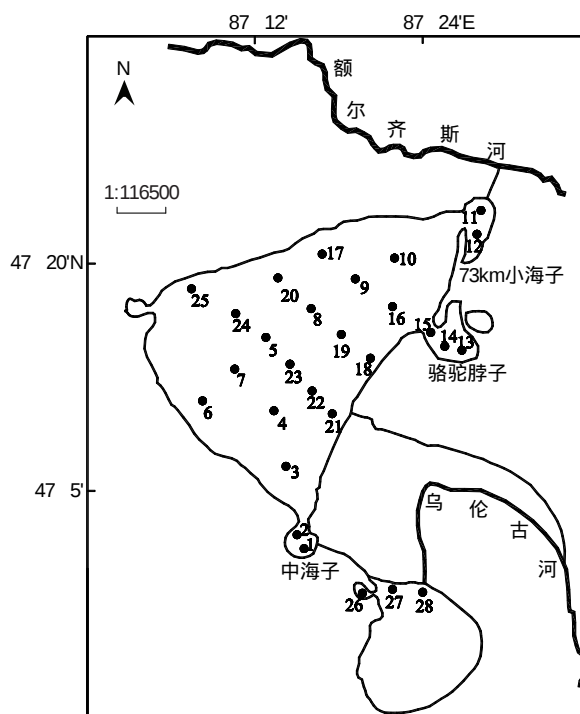


图1 乌伦古湖采样点分布图

Fig. 1 The sample stations in Lake Ulungur

表 1 乌伦古湖浮游甲壳动物各季节 Shannon-wiener 指数 H' 值和 Pielou 指数值比较

季节	Shannon-wiener 指数 H'		Pielou 指数	
	Shannon-wiener index H'		Pielou index J	
	枝角类 Cladocerans	桡足类 Copepodites	枝角类 Cladocerans	桡足类 Copepodites
2006 年秋 Autumn 2006	0.971	2.767	0.971	0.986
2006 年冬 Winter 2006	0.990	1.442	0.990	0.621
2007 年春 Spring 2007	0.917	2.657	0.917	0.886
2007 年夏 Summer 2007	1.662	3.102	0.716	0.934
2007 年秋 Autumn 2007	1.076	1.578	0.463	0.414
2007 年冬 Winter 2007	0.000	0.590	—	0.590
2008 年春 Spring 2008	0.988	3.130	0.988	0.942
2008 年夏 Summer 2008	1.402	3.032	0.701	0.876

2.2 浮游甲壳动物群落结构的季节变化

2.2.1 密度和生物量的季节变化

浮游甲壳动物密度、生物量与季节、年份的两因素方差分析表明(表 2),枝角类和无节幼体的密度和生物量在季节变化中存在极显著的差异($P=0.000$ 和 $P=0.007$, $P<0.01$),从图 2 中可以看出枝角类的密度和生物量在 2007 年夏、2007 年秋和 2008 年夏较高,且在 2007 年夏达最大值,密度为 2.12 个/L,生物量为 0.062 mg/L,冬春季密度和生物量较小;无节幼体的密度和生物量(图 3)在 2007 年春、2007 年秋和 2008 年春形成高峰,并且在 2007 年春形成最大值,其密度为 5.14 个/L,生物量为 0.015 mg/L,冬夏季节较小;桡足类在季节变化中无显著差异,从图 4 中也可以看出桡足类密度和生物量在 2007 年秋形成密度高峰,为 1.96 个/L,生物量高峰在 2007 年春季,为 0.074 mg/L,其余季节变化不大;枝角类、桡足类和无节幼体在年份变化中都无显著差异。

表 2 乌伦古湖浮游甲壳动物密度、生物量与季节、年份的两因素方差分析

源变量 Source	枝角类 Cladocerans			桡足类 Copepodites			无节幼体 Nauplii		
	均方 Mean square	自由度 df	显著性 Sig.	均方 Mean square	自由度 df	显著性 Sig.	均方 Mean square	自由度 df	显著性 Sig.
截距 Intercept	84.23/ 0.072	1/1	0.000 **/ 0.000 **	38.769/ 0.108	1/1	0.007 **/ 0.000 **	365.077/ 0.003	1/1	0.000 **/ 0.000 **
季节 Season	26.592/ 0.025	3/3	0.000 **/ 0.000 **	7.809/ 0.006	3/3	0.219/ 0.392	53.999/ 0.000	3/3	0.007 **/ 0.007 **
年份 Year	0.477/ 0.001	1/1	0.655/ 0.400	6.123/ 0.006	1/1	0.281/ 0.309	23.952/ 0.000	1/1	0.175/ 0.175
季节×年份 Season×Year	18.052/ 0.016	3/3	0.000 **/ 0.000 **	13.012/ 0.031	3/3	0.062/ 0.003 **	67.742/ 0.001	3/3	0.002 **/ 0.002 **
误差 Error	2.388/ 0.002	216/ 216		5.252/ 0.006	216/ 216		12.942/ 0.000	216/ 216	

2.2.2 优势种季节演替

根据优势度(图 5),乌伦古湖浮游甲壳动物各季度优势种分别为长刺溞(*Daphnia longispina*)、长额象鼻溞(*Bosmina longirostris*),近亲尖额溞(*Alona affinis*)、近亲拟剑水蚤(*Paracyclops affinis*)、绿色近剑水蚤(*tropocyclops prasinus*)、粗壮温剑水蚤(*Thermocyclops dybowskii*)、透明温剑水蚤(*Thermocyclops hyalinus*)、广布中剑水蚤(*Microcyclops leuckarti*)、模式有爪猛水蚤(*Onychocamptus mohammed*)、咸水北镖水蚤(*Arctodiaptomus salinus*)。在季节变化中,长额象鼻溞除了 2007 年冬季没有形成优势种外,其余各季都形成优势种。模式有爪猛水蚤在各个季节都形成优势种。在 2006 年秋季,除了长刺溞和广布中剑水蚤外,其余 8 种都形成优势

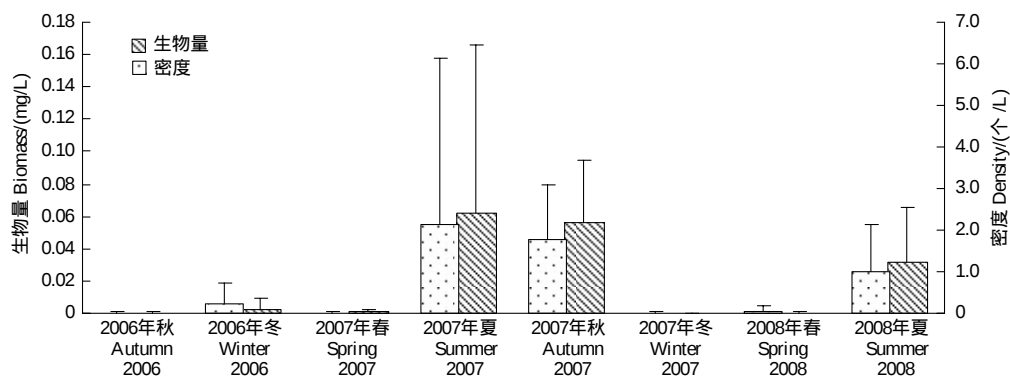


图2 乌伦古湖枝角类密度和生物量的季节变化

Fig. 2 Season variation of cladocerans' average density and biomass in Ulungur lake

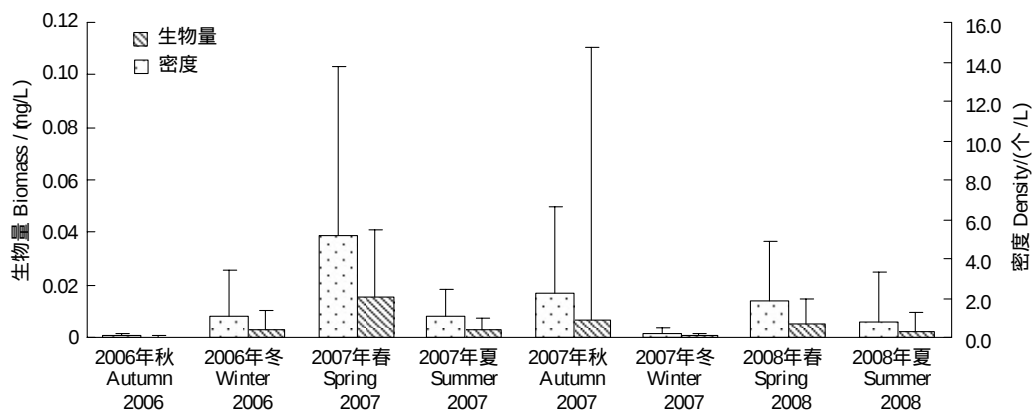


图3 乌伦古湖无节幼体密度和生物量的季节变化

Fig. 3 Season variation of nauplii's average density and biomass in Ulungur lake

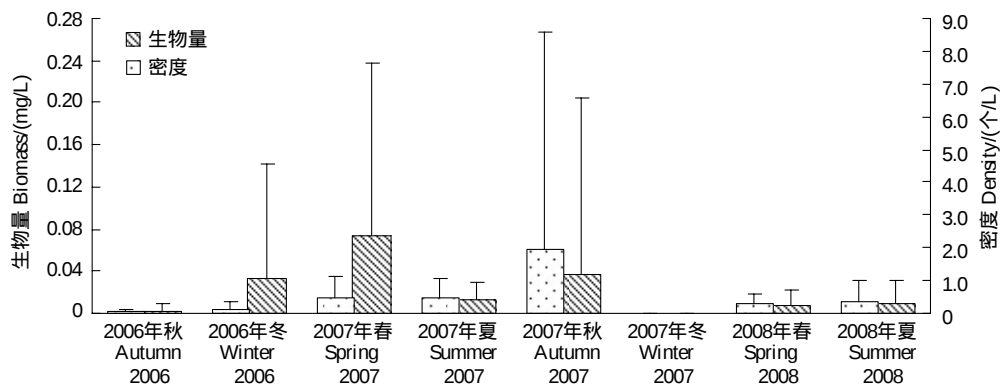


图4 乌伦古湖桡足类密度和生物量的季节变化

Fig. 4 Season variation of copepodites' average density and biomass in Ulungur lake

种;而在2006年冬季优势种类有所下降,只有广布中剑水蚤、模式有爪猛水蚤和咸水北镖水蚤形成优势种;至2007年春季优势种类数量有所增加,但广布中剑水蚤消失,取而代之的为长刺蚤、长额象鼻蚤、透明温剑水蚤;至2007年夏季,种类有所变化,长刺蚤、咸水北镖水蚤消失,取而代之的为近亲拟剑水蚤;至2007年秋季,广布中剑水蚤、咸水北镖水蚤再次形成优势种,至2007年冬季,只有模式有爪猛水蚤形成优势种;至2008年春季,长额象鼻蚤、近亲拟剑水蚤再次形成优势种;至2008年夏季,粗壮温剑水蚤和透明温剑水蚤也形成了

优势种。

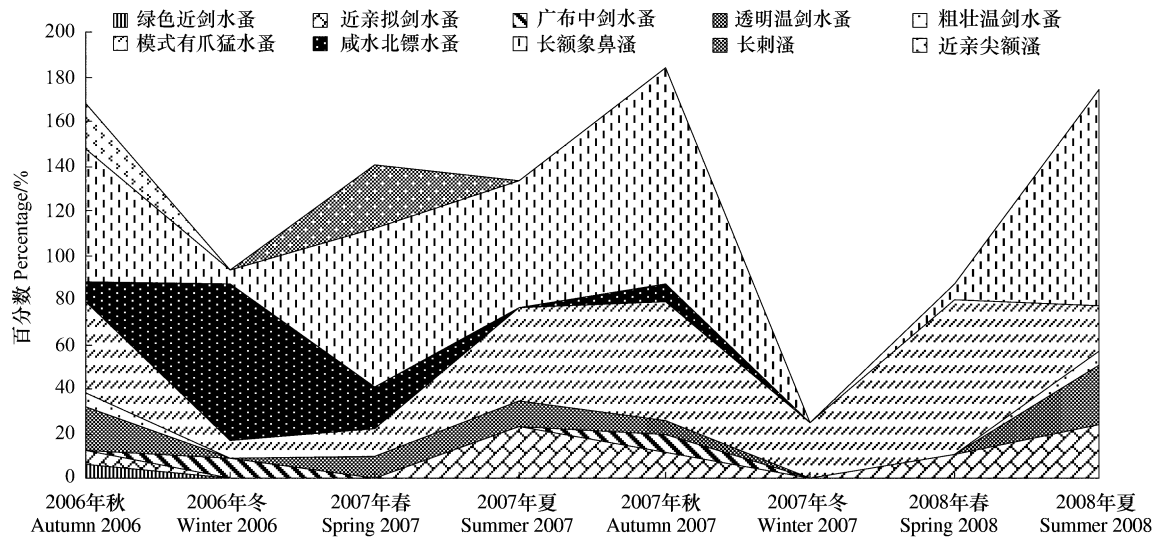


图 5 乌伦古湖浮游甲壳动物优势种的季节演替

Fig. 5 Seasonal succession of dominant crustaceans in Ulungur lake

2.3 浮游甲壳动物物种与环境因子的 CCA 排序

乌伦古湖浮游甲壳动物物种和环境因子的排序结果见图 6,图 6 中前两个排序轴的特征值分别是 0.621 和 0.280,种类和环境因子排序轴的相关系数高达 0.841 和 0.951,说明这 2 个排序轴的排序图能够反映乌伦古湖浮游甲壳动物物种与环境因子间的关系。由图 6 可以看出温度与第一轴的相关系数为 0.5323;pH 值、SD、水深、浮游植物生物量与第二轴的相关系数分别为 0.5437、0.6916、0.7121、-0.7197。同时种组 I 包括长刺蚤、近亲尖额蚤、绿色近剑水蚤、毛饰拟剑水蚤、双色小剑水蚤、小型后剑水蚤、哲水幼体、广布中剑水蚤与 pH 值、SD 呈正相关性,与浮游植物生物量呈负相关性,种组 II 包括枝角幼体、长额象鼻蚤、筒弧象鼻蚤、粗壮温剑水蚤、咸水北镖水蚤与水深呈正相关性,种组 III 包括无节幼体、桡足幼体和草绿刺剑水蚤与温度呈正相关性。

3 讨论

3.1 外来鱼类池沼公鱼对乌伦古湖浮游甲壳动物生物量的影响

乌伦古湖池沼公鱼于 1991 年引入,1997 年起形成捕捞群体,1999 年起成为乌伦古湖的优势种群^[17]。池沼公鱼的食物由植屑、藻类、浮游动物、昆虫及其幼虫、虾、同种鱼卵及仔鱼等组成,但枝角类和桡足类为一年四季中的主要食物^[18]。从表 3 可见池沼公鱼自 1997 年形成捕捞群体后,年均产量逐年增加^[19],因此对浮游动物的捕食压力也随之增加。而作为浮游动物主要食物的浮游植物,其生物量在 1986 年至 2001 年间均

表 3 乌伦古湖浮游植物生物量、池沼公鱼年均总产量和浮游动物生物量百分比的历史变动^[7,9,19]

Table 3 Variation history of annual total product of biomass of phytoplankton, *Hypomesus nipponensis* and percentage biomass of zooplankton in Ulungur Lake^[7,9,19]

年份 Year	浮游植物生物量 Biomass of phytoplankton /(mg/L)	池沼公鱼年均产量 annual total product of <i>Hypomesus</i> <i>nipponensis</i> /t	生物量百分比 Percentage biomass/%			
			桡足类 Copepodites	枝角类 Cladocerans	轮虫 Rotiferas	原生动物 Protozoans
1986 年	1.340	0	41.40	50.80	6.50	1.30
2001 年	3.715	1226.8	38.00	33.84	14.36	13.80
2006 年秋—2008 年夏	3.785	1629.6	26.31	24.53	42.76	6.40

有所增加,而在 2001 年和 2006 年秋至 2008 年期间相对持平,因此,与 1986 年相比,作为饵料生物的浮游植物水平已有所提高,然而,2006 年秋至 2008 年夏枝角类和桡足类生物量百分比的下降,甚至降至未移入池沼公鱼时的一半,可能主要是外来种池沼公鱼捕食压力增加的结果。

3.2 食物和捕食影响浮游甲壳动物季节演替的机制

研究表明,虽然我国很多湖泊的浮游动物变动格局都与 PEG 模式的双峰形态相类似^[20-22],但本研究结果显示乌伦古湖枝角类和桡足类的季节变动与此模式^[3]不符,而与国内的一些同样以食浮游动物鱼类为优势的湖泊如浙江千岛湖等相似^[23]。乌伦古湖是新疆主要的产鱼基地之一,以浮游动物为主要食物的池沼公鱼是该湖的优势种^[24]。据最优捕食理论及大量研究结果表明,鱼类的捕食对其食饵个体大小有明显的选择性,在同等能耗下会优先选择个体较大的浮游动物^[25]。而在同等大小下,鱼类优先摄食枝角类,其次是哲水蚤,最后才选食剑水蚤^[26]。对乌伦古湖池沼公鱼的食性研究表明,池沼公鱼对枝角类捕食在夏季和秋季较多,并在夏季达到高峰,在冬季和春季几乎不捕食;而对桡足类正好相反。同时刘宇等对乌伦古湖浮游植物的调查分析表明,浮游植物在夏秋季节密度和生物量较高,而冬春季节密度和生物量较低^[27],由此可以推断本研究枝角类夏秋季节密度和生物量达到高峰和冬春季达到低谷是由于作为食物的浮游植物生物量和池沼公鱼捕食共同作用的结果,同时枝角类中个体较大的长刺溞由于鱼类冬春季节低的捕食压力,在 2007 年春季形成优势种。个体较小的长额象鼻溞常年(除冬季)都形成优势种,这可能也与池沼公鱼捕食有关。这是因为在高的鱼类和无脊椎动物捕食压力下,很多枝角类会向小型化发展,以避免被捕食^[28]。桡足类前一年度冬春季节密度较高,夏秋季节较少,可能由于池沼公鱼捕食占

主导作用的缘故。Xie 等认为滤食性鱼类捕食压力的增加能导致哲水蚤相对于剑水蚤丰度的下降^[29]。乌伦古湖池沼公鱼在夏秋季节的大量捕食可能是导致哲水蚤中个体较大的咸水北镖水蚤没有在此季节形成优势种,而是由个体较小的剑水蚤占优势。模式有爪猛水蚤可能由于其营底栖生活容易逃避鱼类捕食而形成全年的优势种。

3.3 主要理化因子对浮游甲壳动物物种的影响

浮游动物分布于整个水域,环境的影响所引起的季节变化和长期变化也迫使浮游动物产生了不同程度的响应。对于其群落产生的影响因子包括非生物因子和生物因子。本研究得出长刺溞和近亲尖额溞与 pH 值呈正相关性,这可能与枝角类在各种不同的水域中的分布受外界因子的影响较大,尤其是水域 pH 值有关,它对于枝角类的代谢、生殖与发育等生命活动都有密切的关系,但大多数枝角类一般有一个适宜的 pH 值范

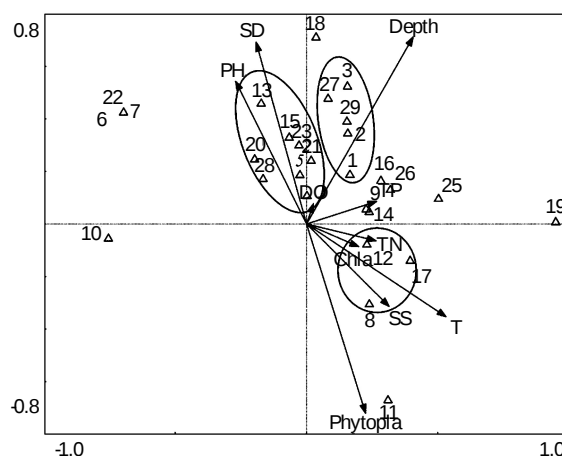


图 6 乌伦古湖浮游甲壳动物物种和环境因子的 CCA 二维排序图

Fig. 6 CCA biplot of species-environment of crustaceans' community in Ulungur lake

(1:枝角类幼体,2:长额象鼻溞 *Bosmina longirostris*,3:筒弧象鼻溞 *B. coregoni*,4:长刺溞 *Daphnia longispina*,5 近亲尖额溞 *Alona affinis*,6:锯顶低额溞 *Simocephalus serrulatus*,7:棘体网纹溞 *Ceriodaphnia setosa*,8:无节幼体 *Nauplius*,9:模式有爪猛水蚤 *Onychocamptus mohammed*,10:小渠异足猛水蚤 *Canthocamptus microstaphylinus*,11:隆脊异足猛水蚤 *Canthocamptus carinatus*,12:桡足幼体,13:绿色近剑水蚤 *tropocyclops prasinus*,14:近亲拟剑水蚤 *Paracyclops affinis*,15:毛饰拟剑水蚤 *P. fimbriatus*,16:近邻剑水蚤 *Cyclops vicinus vicinus*,17:草绿刺剑水蚤 *Acanthocyclops viridis*,18:棘尾刺剑水蚤 *A. bicuspidatus*,19:长尾小剑水蚤 *Microcyclops longiramus*,20:双色小剑水蚤 *M. bicolor*,21:小型后剑水蚤 *Metacyclops minutus*,22:梳齿后剑水蚤 *M. pectiniatus*,23:广布中剑水蚤 *Microcyclops leuckarti*,24,北碚中剑水蚤 *M. pehpeiensis*,25:台湾温剑水蚤 *Thermocyclops taihokuensis*,26:透明温剑水蚤 *T. hyalinus*,27:粗壮温剑水蚤 *T. dybowskii*,28:哲水幼体,29:咸水北镖水蚤 *Arctodiaptomus salinus*;透明度 Transparency:SD,水深 Water depth:Depth,溶解氧 Dissolved oxygen:DO,总磷 Total phosphorus:TP,总氮 Total nitrogen:TN,温度 Temperature:T,水中悬浮物 Suspended substance:SS,叶绿素 a Chlorophyll a:Chla,浮游植物生物量 Biomass of phytoplankton:Phytoplankton)

围^[30],高的 pH 值会影响植食性浮游动物的生存,也会影响枝角类的呼吸和摄食率^[31]。在乌伦古湖,温度与无节幼体、桡足幼体呈正相关性。这可能是由于剑水蚤的发育一般要经过卵、无节幼体、桡足幼体、成体几个阶段,温度与各阶段的发育时间呈负相关性,温度越低发育时间越长,温度高则剑水蚤的生长繁殖活跃,数量增加^[32]。Gerhard Maier 在温度对 5 种剑水蚤的卵、无节幼体和桡足幼体阶段影响的实验中也指出:5 种剑水蚤的无节幼体和桡足幼体阶段都与温度有密切的关系,随着温度的升高,发育的时间越短^[33]。

References:

- [1] Byron E R, Folt C L, Goldman C R. Copepod and cladoceran success in an oligotrophic lake. *Journal of Plankton Research*, 1984, 6(1): 45-65.
- [2] Lu M, Xie P. Studies on the structure of crustacean zooplankton in houhu region of lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26(2): 124-129.
- [3] Sommer U. Toward a Dawinian ecology of plankton//Sommer U, ed. *Plankton Ecology, Succession in Plankton Communities*. Berlin: Springer-Verlag, 1989: 1-8.
- [4] Wang S B, Xie P, Wu S K, Wu A P. Crustacean zooplankton distribution patterns and their biomass as related to trophic indicators of 29 shallow subtropical lakes. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 2007, 37(3): 242-249.
- [5] Feike M, Heerkloss R. Long-term stability of the seasonal succession of different zooplankton species in a brackish water lagoon (southern Baltic Sea). *Hydrobiologia*, 2008, 611(1): 17-28.
- [6] Dejen E, Vijverberg J, Nagelkerke L A J, Sibbing F A. Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia*, 2004, 513(1/3): 39-49.
- [7] Chen W M, Zhou W P, Guo X M. Study on plankton of wulunguhu lake in Uygur autonomous region of Xinjiang. *Memoir of Nanjing institution of geography and limnology. Academic Sinica*, 1988, 5: 59-69.
- [8] Ren M L. The Fishery in Jili Lake, Xinjiang. Heilongjiang: Heilongjiang Science and Technology Press, 1990: 214-218.
- [9] Ye S M, Su D X, Liu S, Chen L, Liu X H, A S Y, Han X L, Liu J, Li Z Y. Aquatic organism resources in the Wulungu Lake, Xinjiang. *Reservoir Fisheries*, 2004, 24(2): 51-53.
- [10] Chinese Environmental Protection Agency. Technical specifications requirements for monitoring of surface water and wastewater HJ/T91—2002. Beijing: China Environment Press, 2002.
- [11] Zhang Z S, Huang X F. Research Methods on Plankton in Freshwater. Beijing: Science Press, 1991: 358-388.
- [12] Jiang X Z, Du N S. Fauna, Freshwater Cladocerans in China. Beijing: Science Press, 1979.
- [13] Shen J R. Fauna Sinica, Crustacea, Freshwater Copepoda. Beijing: Science Press, 1979.
- [14] Chen X M. Biomass calculation of freshwater copepoda. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1981, 7(3): 398-408.
- [15] Huang X F, Hu C Y. The regression equation of familiar freshwater cladocerans body length and weight// *Transactions of The Chinese Crustacean Society*. Beijing: Science Press, 1986: 147-157.
- [16] Ma K P. The measurement of community diversity//Qian Y Q, ed. *Principles and Methodologies of Biodiversity Studies*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994: 141-165.
- [17] Karjan A, Su D X, Yang Y, Ye S M, Huderat. The current situation and the countermeasures of protection and development of fish resources in Ulungur Lake. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2006, 15(3): 309-314.
- [18] Xie Y H, Li B. On the Fisheries Resources and Their Exploitation of *Hypomesus*. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 1993: 37-38.
- [19] Tang F J. Study on Perch (*Perca fluviatilis* Linnaeus) Invaded Mechanism by Alien Fish in Ulungur Lake, China. Chongqing: Southwestern University, 2008.
- [20] Chen G R, Liu X, Ying W Y, Guo X B, Zhong P, Liu Z W. The response of zooplankton community to ecological restoration in Huizhou West Lake. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2007, 35(6): 1662-1663.
- [21] Zhao S Y, Han B P. Structural analysis of zooplankton community in a large deep oligotrophic reservoir-Xinfengjiang Reservoir, South China. *Journal of Lake Sciences*, 2007, 19(3): 305-314.
- [22] Sun G, Lang Y, Fang Y. Characteristics of zooplankton community in the aquatic ecosystem of Nanhu Lake of Changchun. *Journal of Jilin University: Science Edition*, 2006, 44(4): 663-667.
- [23] Gai J J, Wang L Q, Liu Q G, Chen M K, Chen L S, Ren L P, Hong R H. Community structure of microcrustaceans in Qiandao Lake. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2007, 16(6): 560-565.
- [24] Lai Y. The relationship between the disappearance of calanoida population and the introduction of *hypomesus olidus* in Bosten Lake. *Journal of Hydroecology*, 2009, 30(4): 136-139.
- [25] Brooks J L. Eutrophication and changes in the composition of the zooplankton. *Eutrophication: cause, consequences, correctives*. Washington, D C,

- National Academy of Science, 1969: 236-255.
- [26] Hall D J, Threlkeld S T, Burns C W, Crowley P H. The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1976, 7: 177-208.
- [27] Liu Y, Shen J Z, Li H, Zhao J Y, Ma X F, Liu Q G, Jiang M, Dong Y, Liu J, Hao Z C. Phytoplankton community structure in Lake Ulungur in Xinjiang Uygur Autonomous Region. South China. *Journal of Lake Sciences*, 2009, 21(6): 855-864.
- [28] Vanni M J. Freshwater zooplankton community structure: introduction of large invertebrate predators and large herbivores to a small species community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1988, 45(10): 1758-1770.
- [29] Xie P, Huang X F, Takamura N. Changes of *Leptodora kindtii* abundance (1957—1996) in a planktivorous fishes-dominated subtropical Chinese lake (Lake Donghu). *Archiv für Hydrobiologie*, 2000, 147(3): 351-372.
- [30] Li C H, Huang X F. Species succession of cladocera in Lake Donghu in relation to various ecological factors. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1992, 16(2): 101-112.
- [31] Ivanova M B, Klekowski R Z. Respiratory and filtration rates in *Simocephalus vetulus* (O. F. Muller) (Cladocera) at different pH. *Polskie Archiwum Hydrobiologii*, 1972, 19(30): 303-318.
- [32] Cui F L, Lin T, Ma F, Feng Q, Zhang L Q. Excess propagation and ecological control of water flea of zooplankton in raw water. *Journal of Harbin Institute of Technology*, 2002, 34(3): 399-403.
- [33] Maier G. The effect of temperature on the development times of eggs, naupliar and copepodite stages of five species of cyclopoid copepods. *Hydrobiologia*, 1989, 184(1/2): 79-88.

参考文献:

- [2] 鲁敏, 谢平. 武汉东湖后湖区浮游甲壳动物群落结构的研究. *水生生物学报*, 2002, 26(2): 124-129.
- [7] 陈伟民, 周万平, 郭晓鸣. 新疆乌伦古湖的浮游生物. *中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊*, 1988, 5: 59-69.
- [8] 任慕莲. 新疆吉力湖的渔业. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1990: 214-218.
- [9] 叶尚明, 苏德学, 刘栓, 陈莉, 刘晓慧, 阿斯亚, 韩小丽, 刘军, 李周永. 新疆乌伦古湖水生生物资源调查研究. *水利渔业*, 2004, 24(2): 51-53.
- [10] 国家环境保护总局. 地表水和污水监测技术规范 HJ/T91—2002. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [11] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991: 358-388.
- [12] 蒋燮治, 堵南山. 中国动物志-节肢动物门甲壳纲淡水枝角类. 北京: 科学出版社, 1979.
- [13] 沈嘉瑞. 中国动物志-节肢动物门甲壳纲淡水桡足类. 北京: 科学出版社, 1979.
- [14] 陈雪梅. 淡水桡足类生物量的测算. *水生生物学集刊*, 1981, 7(3): 397-408.
- [15] 黄祥飞, 胡春英. 淡水常见枝角类体长-体重回归方程式//甲壳动物学论文集编辑委员会. 甲壳动物学论文集. 北京: 科学出版社, 1986: 147-157.
- [16] 马克平. 生物多样性的测定//钱迎倩. 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.
- [17] 阿达可白克·可尔江, 苏德学, 杨艳, 叶尚明, 呼德拉提. 乌伦古湖鱼类资源现状及保护与开发对策. *上海水产大学学报*, 2006, 15(3): 309-314.
- [18] 解玉浩, 李勃. 公鱼属鱼类及资源利用. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993: 37-38.
- [19] 唐富江. 新疆乌伦古湖外来鱼类对河鲈入侵机制的研究. 重庆: 西南大学, 2008.
- [20] 陈光荣, 刘娟, 应文晔, 郭晓彬, 钟萍, 刘正文. 惠州西湖浮游动物群落对生态恢复的响应. *安徽农业科学*, 2007, 35(6): 1662-1663.
- [21] 赵帅营, 韩博平. 大型深水贫营养水库—新丰江水库浮游动物群落分析. *湖泊科学*, 2007, 19(3): 305-314.
- [22] 孙刚, 郎宇, 房岩. 长春南湖水生生态系统中浮游动物群落特征. *吉林大学学报: 理学版*, 2006, 44(4): 663-667.
- [23] 盖建军, 王丽卿, 刘其根, 陈马康, 陈来生, 任丽萍, 洪荣华. 千岛湖浮游甲壳类群落结构特征初步研究. *上海水产大学学报*, 2007, 16(6): 560-565.
- [24] 赖英. 博斯腾湖哲水蚤种群消失与池沼公鱼的关系. *水生态学杂志*, 2009, 2(4): 136-139.
- [27] 刘宇, 沈建忠, 李鸿, 赵永晶, 马徐发, 刘其根, 江敏, 董攸, 刘军, 郝志才. 新疆乌伦古湖浮游植物群落结构. *湖泊科学*, 2009, 21(6): 855-864.
- [30] 李纯厚, 黄祥飞. 略论武汉东湖枝角类种类演替及其生态因子的关系. *水生生物学报*, 1992, 16(2): 101-112.
- [32] 崔福义, 林涛, 马放, 冯琦, 张立秋. 水源中水蚤类浮游动物的孳生与生态控制研究. *哈尔滨工业大学学报*, 2002, 34(3): 399-403.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.15 August ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Trophic group responses of ground arthropods to land-cover change and management disturbance	LI Fengrui, LIU Jiliang, HUA Wei, et al (4169)
Construction and comparative analysis of enriched microsatellite library from <i>Liposcelis bostrychophila</i> and <i>L. entomophila</i> genome	WEI Dandan, YUAN Minglong, WANG Baojun, et al (4182)
Development of EST-SSRs markers and analysis of genetic diversities among different geographical populations of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i>	YAN Xiwu, YU Zhifei, QIN Yanjie, et al (4190)
Genetic diversity of different generations of the Dalian population of Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> through selective breeding	YU Zhifei, YAN Xiwu, YANG Fei, et al (4199)
Comparative study of spike differentiation in wheat in the glasshouse and field	JIANG Lina, ZHAO Yanling, SHAO Yun, et al (4207)
Effects of organic fertilizer on growth and endogenous hormone contents of wheat seedlings under salt stress	LIU Haiying, CUI Changhai, ZHAO Qian, et al (4215)
Impacts of climatic change on spring wheat growth in a semi-arid region of the Loess Plateau: a case study in Dingxi, Gansu Province	YAO Yubi, WANG Runyuan, YANG Jinhu, et al (4225)
Dynamic changes in nitrogen and phosphorus concentrations and emission-reduction potentials in paddy field water under different tillage models	FENG Guolu, YANG Renbin (4235)
Effects of planting and straw returning of transgenic Bt maize on soil enzyme activities under field condition	YAN Shilei, ZHAO Lei, SUN Hongwei, et al (4244)
Effects of short-term flooding on <i>Geobacteraceae</i> spp. and <i>Anaeromyxobacter</i> spp. abundance in paddy soil	ZHU Chao, Stefan Ratering, QU Dong, et al (4251)
Adaptive adjustments of the sowing date of late season rice under climate change in Guangdong Province	WANG Hua, CHEN Xinguang, HU Fei, et al (4261)
Carbon and nitrogen sequestration rate in long-term fenced grasslands in Inner Mongolia, China	HE Nianpeng, HAN Xingguo, YU Guirui (4270)
Ecosystems carbon storage and carbon sequestration potential of two main tree species for the Grain for Green Project on China's hilly Loess Plateau	LIU Yingchun, WANG Qiufeng, YU Guirui, et al (4277)
Wettability on plant leaf surfaces and its ecological significance	SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang (4287)
Seasonal dynamics of litter accumulation in major forest communities on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China	ZHENG Jinping, GUO Zhongling, XU Chengyang, et al (4299)
A comparative study of seed germination traits of 52 species from Gurbantunggut Desert and its peripheral zone	LIU Huiliang, SONG Mingfang, DUAN Shimin, et al (4308)
The reproductive ecological characteristics of <i>Sinosenecio jishouensis</i> (Compositae) and its endangerment mechanisms	DENG Tao, CHEN Gongxi, ZHANG Daigui, et al (4318)
Iterative algorithm for analyzing the influence of the proportion of permanently destroyed sites on the equilibrium abundances of species	SHI Peijian, GE Feng, YANG Qingpei (4327)
Physiological mechanism of foliage spraying paclobutrazol on increasing salt tolerance of <i>Jatropha curcas</i> seedlings	MAO Yiqing, ZHENG Qingsong, CHEN Jianmiao, et al (4334)
Spatial ecological niche of main insect borers in larch of Aershan	YUAN Fei, LUO Youqing, SHI Juan, et al (4342)
Source areas and landing mechanism of early immigration of white-backed planthoppers <i>Sogatella furcifera</i> (Horváth) in Yunnan, 2009	SHEN Huimei, LÜ Jianping, ZHOU Jinyu, et al (4350)
Life history and the evolutionary significance of egg diapause in Changsha population of the rice grasshopper, <i>Oxya chinensis</i> (Orthoptera: Catantopidae)	ZHU Daohong, ZHANG Chao, TAN Ronghe (4365)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in "518" nectarine orchard	SHI Xiaoli, BI Shoudong, GENG Jiguang, et al (4372)
Dynamics of soil meso- and microfauna communities in Zoigê alpine meadows on the eastern edge of Qinghai-Tibet Plateau, China	ZHANG Hongzhi, WU Pengfei, YANG Daxing, et al (4385)
Seasonal changes in waterbirds population and movements of Great Black-headed Gull <i>Larus ichthyaetus</i> at Keluke Lake of Qinghai, China	ZHANG Guogang, LIU Dongping, HOU Yunqiu, et al (4398)
Predictions of net carbon emissions based on the emissions and forest carbon sinks in Yunnan Province	LIU Huiya, WANG Zheng, MA Xiaozhe (4405)
Ecological water depletion by human use in Beijing City	BAI Yinglan, WANG Rusong, YAO Liang (4415)
Review and Monograph	
Research progress on regulation mechanism for the process of water transport in plants	YANG Qiliang, ZHANG Fucang, LIU Xiaogang, et al (4427)
Antibiotics in environmental matrices and their effects on microbial ecosystems	YU Shen, WANG Min, HONG Youwei (4437)
Anaerobic ammonium oxidation in natural ecosystems	SHEN Lidong, ZHENG Ping, HU Baolan (4447)
Scientific Note	
Ecological characteristics of macrobenthic communities and their relation to water environmental factors in four bays of southern Shandong Peninsula	ZHANG Ying, LÜ Zhenbo, XU Zongfa, et al (4455)
Seasonal succession of crustacean zooplankton in relation to the major environmental factors in Lake Ulungur, Xinjiang	YANG Lili, ZHOU Xiaoyu, LIU Qigen, et al (4468)
Effect of different fertilization and irrigation practices on soil ammonia volatilization of Arecanut (<i>Areca catechu</i> L.)	LU Lilan, GAN Bingchun, XU Minghui, et al (4477)

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 15 期 (2011 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 15 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