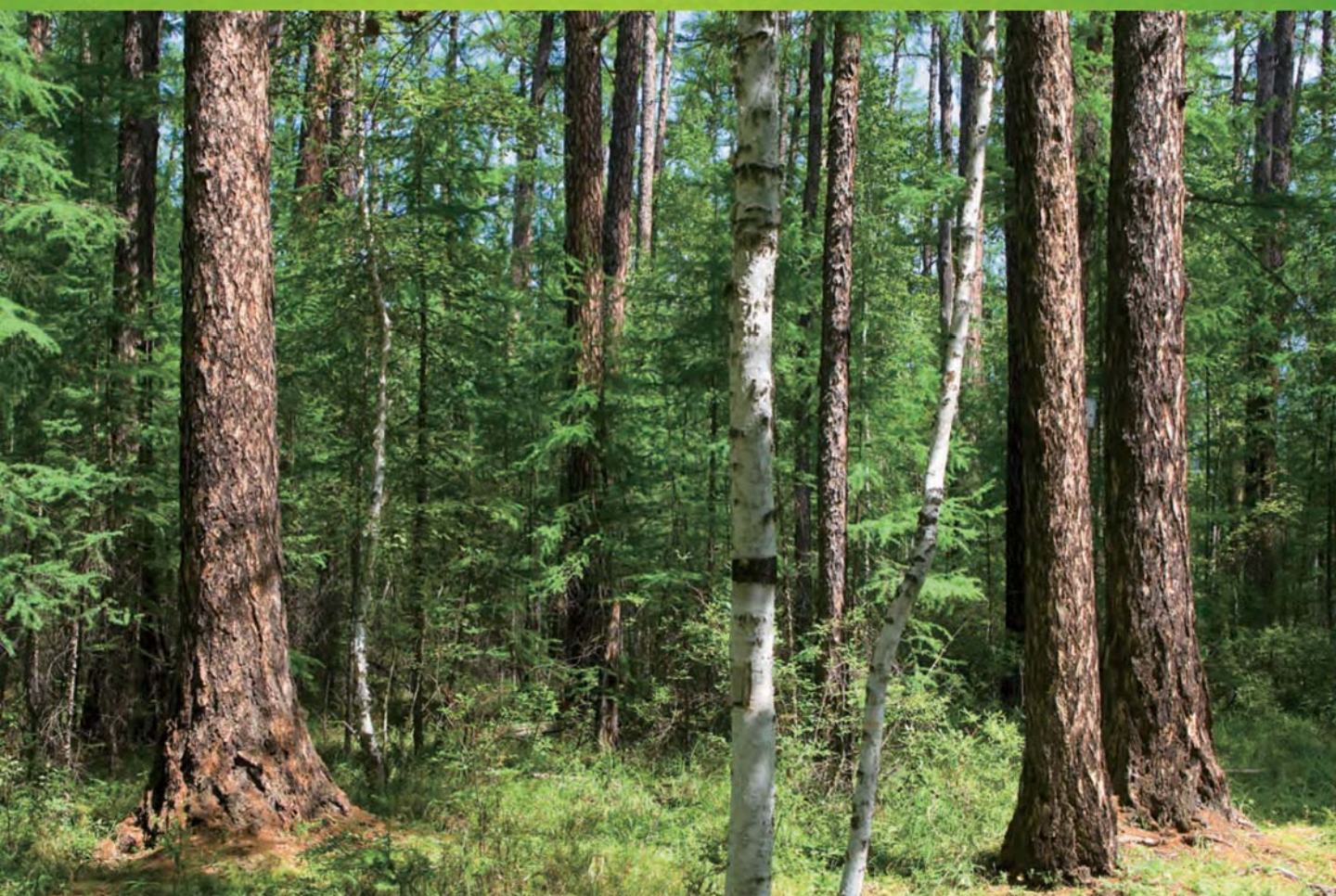


ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第33卷 第23期 Vol.33 No.23 **2013**

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 33 卷 第 23 期 2013 年 12 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 基于树干液流技术的北京市刺槐冠层吸收臭氧特征研究..... 王 华, 欧阳志云, 任玉芬, 等 (7323)
- 三疣梭子蟹增殖过程对野生种群的遗传影响——以海州湾为例..... 董志国, 李晓英, 张庆起, 等 (7332)
- 土壤盐分对三角叶滨藜抗旱性能的影响..... 谭永芹, 柏新富, 侯玉平, 等 (7340)
- 南美斑潜蝇为害对黄瓜体内 4 种防御酶活性的影响..... 孙兴华, 周晓榕, 庞保平, 等 (7348)

个体与基础生态

- 模拟氮沉降对华西雨屏区苦竹林凋落物养分输入量的早期影响..... 肖银龙, 涂利华, 胡庭兴, 等 (7355)
- 茎瘤芥不同生长期植株营养特性及其与产量的关系..... 赵 欢, 李会合, 吕慧峰, 等 (7364)
- 雷竹覆盖物分解速率及其硅含量的变化..... 黄张婷, 张 艳, 宋照亮, 等 (7373)
- 渍水对油菜苗期生长及生理特性的影响..... 张树杰, 廖 星, 胡小加, 等 (7382)
- 广西扶绥黑叶猴的主要食源植物及其粗蛋白含量..... 李友邦, 丁 平, 黄乘明, 等 (7390)
- 氮素营养水平对膜下滴灌玉米穗位叶光合及氮代谢酶活性的影响..... 谷 岩, 胡文河, 徐百军, 等 (7399)
- PFOS 对斑马鱼胚胎及仔鱼的生态毒理效应 夏继刚, 牛翠娟, 孙麓垠 (7408)
- 浒苔干粉末提取物对东海原甲藻和中肋骨条藻的克生作用..... 韩秀荣, 高 嵩, 侯俊妮, 等 (7417)
- 基于柑橘木虱 CO I 基因的捕食性天敌捕食作用评估 孟 翔, 欧阳革成, Xia Yulu, 等 (7430)
- 健康和虫害的红松挥发物对赤松梢斑螟及其寄生蜂寄主选择行为的影响.....
..... 王 琪, 严善春, 严俊鑫, 等 (7437)

种群、群落和生态系统

- 小麦蚕豆间作对蚕豆根际微生物群落功能多样性的影响及其与蚕豆枯萎病发生的关系.....
..... 董 艳, 董 坤, 汤 利, 等 (7445)
- 喀斯特峰丛洼地不同生态系统的土壤肥力变化特征..... 于 扬, 杜 虎, 宋同清, 等 (7455)
- 黄土高原人工苜蓿草地固碳效应评估..... 李文静, 王 振, 韩清芳, 等 (7467)

景观、区域和全球生态

- 粉垄耕作对黄淮海北部土壤水分及其利用效率的影响..... 李轶冰, 逢焕成, 杨 雪, 等 (7478)
- 三峡库区典型农林流域景观格局对径流和泥沙输出的影响..... 黄志霖, 田耀武, 肖文发, 等 (7487)
- 基于 BP 神经网络与 ETM+ 遥感数据的盐城滨海自然湿地覆被分类..... 肖锦成, 欧维新, 符海月 (7496)
- 寒温带针叶林土壤 CH₄ 吸收对模拟大气氮沉降增加的初期响应..... 高文龙, 程淑兰, 方华军, 等 (7505)
- 寒温带针叶林土壤呼吸作用的时空特征..... 贾丙瑞, 周广胜, 蒋延玲, 等 (7516)

黄土高原小麦田土壤呼吸季节和年际变化..... 周小平,王效科,张红星,等 (7525)

不同排放源周边大气环境中 NH₃ 浓度动态..... 刘杰云,况福虹,唐傲寒,等 (7537)

施加秸秆和蚯蚓活动对麦田 N₂O 排放的影响 罗天相,胡 锋,李辉信 (7545)

资源与产业生态

基于水声学方法的天目湖鱼类资源捕捞与放流的生态监测..... 孙明波,谷孝鸿,曾庆飞,等 (7553)

应用支持向量机评价太湖富营养化状态..... 张成成,沈爱春,张晓晴,等 (7563)

研究简报

亚热带 4 种森林凋落物量及其动态特征 徐旺明,闫文德,李洁冰,等 (7570)

青蒿素对蔬菜种子发芽和幼苗生长的化感效应 白 祯,黄 玥,黄建国 (7576)

NO 参与 AM 真菌与烟草共生过程 王 玮,赵方贵,侯丽霞,等 (7583)

基于核密度估计的动物生境适宜度制图方法..... 张桂铭,朱阿兴,杨胜天,等 (7590)

施氮方式对转基因棉花 Bt 蛋白含量及产量的影响 马宗斌,刘桂珍,严根土,等 (7601)

学术信息与动态

未来地球——全球可持续性研究计划..... 刘源鑫,赵文武 (7610)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 292 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 33 * 2013-12



封面图说：兴安落叶松林景观——中国的寒温带针叶林属于东西伯利亚森林向南的延伸部分,它是大兴安岭北部一带的地带性植被类型,一般可分为落叶针叶林和常绿针叶林两类。兴安落叶松林景观地下部分为棕色森林土,中上部为灰化棕色针叶林土,均呈酸性反应。随着全球气候持续变暖,寒温带针叶林生态系统潜在的巨大碳库将可能成为大气 CO₂ 的重要来源,研究表明,温度是寒温带针叶林生态系统土壤呼吸作用的主要调控因子,对温度的敏感性随纬度升高而增加,根系和凋落物与土壤呼吸作用表现出相似的空间变异性。

彩图及图说提供：陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201208191164

董志国, 李晓英, 张庆起, 阎斌伦, 孙效文. 三疣梭子蟹增殖养殖过程对野生种群的遗传影响——以海州湾为例. 生态学报, 2013, 33(23): 7332-7339.
Dong Z G, Li X Y, Zhang Q Q, Yan B L, Sun X W. Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(23): 7332-7339.

三疣梭子蟹增殖养殖过程对野生种群的遗传影响 ——以海州湾为例

董志国^{1,2,3,*}, 李晓英¹, 张庆起⁴, 阎斌伦¹, 孙效文³

(1. 淮海工学院, 江苏省海洋生物技术重点建设实验室, 连云港 222005; 2. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

3. 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所, 哈尔滨 150001; 4. 赣榆县海洋渔业技术指导站, 连云港 222100)

摘要:为探明三疣梭子蟹人工增殖与养殖活动对野生资源的遗传影响, 利用 20 对 SSR 引物对海州湾三疣梭子蟹野生群体与两个养殖群体进行群体遗传结构和遗传分化研究。结果表明, 野生种群遗传多样性明显高于养殖群体, 其群体杂合度 H_o 为 0.8509, 而两个养殖群体的杂合度 H_o 分别为 0.4525 和 0.5283。海州湾野生三疣梭子蟹的 N_e 、 H_o 、 H_e 、 PIC 均显著高于两个养殖群体 ($P < 0.05$) 但两养殖群体的 N_e 、 H_o 、 H_e 、 PIC 均无显著差异 ($P > 0.05$)。以上结果说明海州湾天然三疣梭子蟹群体的遗传多样性显著高于养殖群体。3 群体间遗传分化处于中度水平 (F_{st} , 0.1085—0.1448), 基因流 N_m 处于 1.5—2.0 间, 野生群体与养殖群体的遗传分化比养殖群体内部之间大, 基因流也较养殖群体内部之间要小, 表明野生群体与养殖群体存在一定的分化, 基因流处于中等程度。因此, 当前海州湾天然三疣梭子蟹遗传状况良好, 养殖活动和人工增殖放流对天然资源的遗传影响还有限, 这可能与海州湾人工养殖三疣梭子蟹时间较短、人工放流的规模较小、时间较短有关。

关键词: 三疣梭子蟹; 微卫星 (SSR); 遗传评估; 野生种群; 养殖群体; 海州湾

Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay

DONG Zhiguo^{1,2,3,*}, LI Xiaoying¹, ZHANG Qingqi⁴, YAN Binlun¹, SUN Xiaowen³

1 Key Laboratory of Marine Biotechnology of Jiangsu Province, Huaihai Institute of Technology, Jiangsu, Lianyungang 222005, China

2 College of Aqua-life Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

3 Heilongjiang River Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Harbin 150001, China

4 Ganyu Fishery Technical Extension Center, Lianyungang 222100, China

Abstract: The swimming crab, *Portunus trituberculatus* (Crustacea: Decapoda: Brachyura), is a large-sized benthic crab species, which is widely distributed in the coastal waters of China, Japan and Korea. FAO data show the world fishing output to be more than 380000 tons in 2010, while the figure for China alone in 2010 amounted to 350000 tons. As a result of artificial mass propagation and improved stock techniques, the farming output also reached 91,000 tons with a farming area of 30000 hectares in 2010. Therefore, the requirement of assessments and conservations of natural genetic resources has become increasingly urgent. The Haizhou Bay is located in Lianyungang coast, Jiangsu Province of China, and as one of the major fishing grounds. The bay was historically famous for the abundance of swimming crab, but the crab population has been declining due to the over-exploitation. In order to maintain a sustainable stock, releasing of crab produced in hatcheries has been practiced annually to supplement the wild stocks. A large marine farm for swimming crab were

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划重大资助项目 (2011BAD138B03); 国家自然科学基金资助项目 (31072213); 江苏省海洋生物技术开放基金资助项目 (2006HS002); 江苏省科技支撑计划资助项目 (BE2013370); 江苏高校优势学科建设工程资助项目

收稿日期: 2012-08-19; 修订日期: 2013-01-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: dzg7712@163.com

constructed for the releasing exercise surrounding a 1700 hm² aquaculture area in the Haizhou Bay. In 2009 only, 5839000 individuals of swimming crab were released to the marine farm. However, these practices can cause genetic contamination to the geographically proximate wild stocks when the interbreeding occurs between wild populations and the released or escaped crabs raised in hatcheries. In order to assess the genetic impact of swimming crab farming and propagation releasing on wild stocks in Haizhou Bay, 20 SSR primers designed in our laboratory were used to genetically differentiate swimming crab wild stocks and cultured stocks in Haizhou bay. There were 30 wild swimming crab samples were caught using a gill net in Haizhou Bay (near to Xiaokou village Ganyu haitou town) and 60 cultured individuals obtained from two cultured stocks from aquacultured facilities in Haizhou Bay in Nov., 2011. The results indicated that the genetic diversity of crab from wild stock was higher than that from cultured stocks. The observed heterozygosity *Ho* value in wild stock was 0.8509, while that in two cultured stocks only were 0.4525 and 0.5283, respectively. The one-way ANOVA showed that the genetic parameters of *Ne*, *Ho*, *He* and *PIC* in wild crabs were significantly higher than those in cultured stocks ($P < 0.05$), but those genetic parameters between two cultured stocks were not significantly different ($P > 0.05$). The *Fst* value among these stocks ranged from 0.1085 to 0.1448, which showed a moderately differentiated state. The gene flow *Nm* ranged from 1.5 to 2.0 and the genetic differentiation state was much significantly higher between the wild stock and cultured stocks than that within cultured stocks. In conclusion, the genetic resource of swimming crab in Haizhou Bay was in a good state, and the impact of swimming crab farming and propagation releasing on the natural genetic resource was not remarkable which was probably related to short time, scale effects of crab farming and propagation releasing.

Key Words: *Portunus trituberculatus*; microsatellite; genetic assessment; wild stock; culture stock; Haizhou Bay

三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 是一种重要的海洋经济动物, 隶属甲壳纲 (Crustacea)、十足目 (Decapoda)、梭子蟹科 (Portunidae), 是目前世界上最主要的捕捞蟹类。FAO 2010 年数据显示全世界三疣梭子蟹年捕捞产量超过 38 万 t^[1]。中国海梭子蟹资源丰富, 在过去几十年, 三疣梭子蟹的捕捞产量不断增长, 2010 年我国梭子蟹海洋捕捞产量约为 35 万 t, 随着育苗技术和养殖技术的突破, 养殖产量在 2010 年已达 9.1 万 t, 养殖面积达 3 万 hm²^[2]。海州湾位于江苏连云港, 是中国沿海三疣梭子蟹天然资源的主要渔场之一, 但随着 1993 年对虾养殖病害大规模暴发, 产量大幅度下降之后, 海湾湾近岸开发以梭子蟹为主进行池塘养殖, 建设了万亩梭子蟹基地, 并带动周边养殖面积达 1700 hm² 以上。作为主要的渔业资源, 2009 年增殖放流三疣梭子蟹 583.9 万只, 之后每年都有增殖放流活动。但近年来的大面积池塘养殖和增殖放流对野生资源的遗传影响尚不明确, 特别是放流亲本的选择及其遗传背景均少有关关注。已有研究表明, 三疣梭子蟹的养殖群体与野生群体在繁殖性能上存在着明显差异, 在卵的孵化率、胚胎发育时间和幼体成活率方面野生三疣梭子蟹要优于池塘养殖群体^[3]。对大西洋鲑 (*Salmo salar* L.) 野生和养殖群体及其杂交后代研究表明虾青素含量存在明显的差异, 且是由于遗传因素影响所致^[4]。对浙江三门养殖青蟹 (*Scylla paramamosain*) 和野生青蟹的遗传差异研究发现群体的遗传多样性均很高, 但产生子一定程度的分化^[5]。而对于三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的遗传分析还未见报道, 仅有三疣梭子蟹养殖群体同工酶的组织特异性及生化遗传分析的研究报道^[6]。而且, 近 10 年来, 在海州湾开展三疣梭子蟹规模化养殖和近年开展的人工放流活动并存, 但这些活动对天然资源的遗传影响还未有研究报道, 但增殖放流过程中对放流群体开展遗传评价已成为一种常规和必须的任务^[7], 但目前我国还很少有关关注。因此, 本研究利用 SSR 分子标记技术, 探明近岸三疣梭子蟹养殖活动对天然资源的影响程度, 对于渔业资源的评价、管理与保护具有重要的科学价值。

1 材料与方法

1.1 样本采集

试验用三疣梭子蟹野生种群系 2011 年 11 月采集于海州湾自然海区, 两个养殖群体均采自海州湾所属海头镇万亩梭子蟹养殖基地, 基地所用苗种均为连云港本地育苗场多年繁殖苗种后代, 其亲本为养殖蟹多代繁

殖后代。3 个群体均为当年商品蟹,雌雄随机各 30 只。采集到的三疣梭子蟹活体运回实验室,-70 ℃低温冰箱保存。

1.2 DNA 提取与 PCR 扩增、测序

取附肢肌肉组织约 50 mg,先用蒸馏水将组织清洗干净,按照常规的酚-氯仿法提取 DNA^[8]。扩增反应体系 15 μL,包括:2×PCR Mixture,正反向引物各 0.2 pmol/L、约 100 ng 基因组 DNA。扩增程序为:94 ℃预变性 4 min;94 ℃变性 30 s,50—60 ℃退火 30 s,72 ℃延伸 30 s,共 30 个循环;72 ℃延伸 6 min,4 ℃保存。试验所用微卫星引物见表 1。

表 1 用于 PCR 扩增的 20 个三疣梭子蟹微卫星分子标记
Table 1 Characterization of twenty microsatellite loci in *Portunus trituberculatus*

位点 Locus	引物序列 Primer sequence(5'-3')	重复区 Repeat Motif	退火温度 <i>T</i> _a /℃	位点范围 Size range/bp	登录号 GenBank accession no.
SZX1	F: ACCTAACATAACCTAACCTCA R: TCATCCAGCCTCGACTAT	(GA)13	48	208—259	JQ768808
SZX4	F: GTTCTTGGACCTTCACTT R: GTGATTATTTCACTGTGTGTTAT	(CAT)6	51	200—375	JQ768809
SZX6	F: AGAGGTTAAACATAGGCAAATA R: GACGCTCGAGGAGAGAT	(TC)10	52	116—179	JQ768810
SZX7	F: GACAACCAAGAGGAGGAAT R: CCAGCAGTCATGCCCC	(GT)38	53	265—350	JQ768811
SZX8	F: GGGCTCCCTTGTGATGA R: CTTACGCTAACATAGTCCG	(CTCTCACC TCCTCCTTC CTTCACC)6	53	208—255	JQ768812
SZX9	F: AGCCCTCTTTCCTCGTC R: TCTTGCCTCGGAGCGTC	(CTTT)40	51	195—324	JQ768813
SZX13	F: AGAGTGCTCGGGGTACGG R: ATACAAGGCAGGTCCCAACA	(GA)5	58	134—176	JQ768816
SZX14	F: GCCATACACTGAGCAAGGAGTA R: ATTGGGACTTCAGGCAGGAT	(CTGT)17	50	62—317	JX502602
SZX16	F: GTTTTATCGTGCTACAGCC R: CTCCCAGTCTTCCATTCTATT	(AG)11	53	216—280	JQ768818
SZX17	F: AACCCEAAAAACATCAGT R: CGTCACTTACCACTGCTTC	(GTG)10(GGT)5	53	249—316	JX502603
SZX19	F: AGTGCATTGGTGAGTCAGT R: AAAAAGTCTTGCTAAAATCTC	(AG)20	57	202—243	JQ768820
SZX20	F: AGGATTATATTGTGATAATT R: GCAACAATGTGGAAGC	(AC)12(GA)42	41	191—249	JQ768821
SZX21	F: CGTGGGTGAACATTATACAAG R: CACCTTCCTCCTAAGTCGC	(AG)20(AGG)6	53	231—370	JQ768822
SZX24	F: GTGGGGTTGCCTGTATAT R: GCAGGCTATGGGAAGAGGA	(AC)40AG(9)	54.5	187—394	JQ768824
<i>Ptr</i> 3	F: GGGAGGTAATCAGGTA R: ACAGACGCCATACAGGAA	(TG)7	50	181—242	JX391919
<i>Ptr</i> 4	F: GCAGGCAGGATTATGGT R: GCCTCCGTCCCTTACTATGTC	(CAT)6	52	97—147	JX391920
<i>Ptr</i> 5	F: TGTAGACCCTGTTACCT R: ACATATTGCCAAGTTTCG	(GT)10	50	98—139	JX391921
<i>Ptr</i> 9	F: GTTGTCCACCTCCCACTC R: TCTGACGGTACGCTTGTT	(CA)17	52	144—242	JX391925
<i>Ptr</i> 15	F: CACGAGCATAAAGCCCAGC R: ATACCGCCACACCCTCC	(AC)38	58	95—386	JX391931
<i>Ptr</i> 17	F: ATTTACTGTGTCCGTCTG R: AAGGCCATTAAGTTGGGT	(CA)19	52	201—435	JX391933

PCR 扩增产物经 12%聚丙烯酰胺凝胶检测,电泳缓冲液为 1×TBE(pH 值 8.0),常温电泳后银染,显色后

于扫描仪下观察并拍照记录。

1.3 数据分析

用 Gel-Pro analyzer 对显色后的 SSR 扫描电泳图谱进行统计分析,每一个条带视为一个位点,最高位点记作位点 A,其次为 B,以此类推;利用 Pop32 软件计算等位基因频率(N)、有效等位基因数(N_e)、期望杂合度(H_e),观察杂合度(H_o)并分析 F 统计量、基因流(Nm)、种群遗传一致度(I)和遗传距离(D_s),并运用非加权算术平均法(UPGMA)对 3 个群体进行聚类分析;应用中 LittleProgram 计算多态信息含量(PIC);使用 TPFGA 程序构建系统发生树;应用 STATISTICA 99' 对群体的遗传参数进行单因子方差分析,并在进行 0.05 水平的 Duncan 检验。

2 结果与分析

2.1 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的遗传多样性

20 个微卫星位点在 3 个三疣梭子蟹群体扩增结果列于表 2,20 个位点在 3 群体中的等位基因为 2—7,其中野生群体的平均等位基因数 5,而两个养殖群体的等位基因平均分别为 3.35 和 2.9。根据 Botstein 等提出的衡量基因变异程度高低的多元信息含量指标(PIC),20 个位点除 SZX14 在野生群中具有较高的无效基因(null allele)外,其余均为高度多态位点,说明这 20 个微卫星位点可以用于三疣梭子蟹种群遗传学的研究^[9]。基于 20 个微卫星位点的 3 群体有效等位基因数(N_e)、期望杂合度(H_e)、观察杂合度(H_o)以及 PIC 见图 1,显示遗传多样性最高的是野生种群, $H_o = 0.8509$,而两养殖群体的杂合度低于野生群体, H_o 分别为 0.4525 和 0.5283。经单因子方差分析显示海州湾野生三疣梭子蟹的 N_e 、 H_o 、 H_e 、 PIC 均显著高于两养殖群体($P < 0.05$),但两养殖群体的 N_e 、 H_o 、 H_e 、 PIC 均无显著差异($P > 0.05$)。以上结果说明海州湾天然三疣梭子蟹群体的遗传多样性显著高于养殖群体。

2.2 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的遗传渐渗状况

海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体间的基因流(Nm)和遗传分化指数 F_{st} 如表 3 所示。3 群体的 F_{st} 为 0.1085—0.1448,处于中度分化状态, Nm 处于 1.5—2.0。野生群体与养殖群体的遗传分化要较养殖群体内部之间更大,基因流也较养殖群体内部之间要小,表明野生群体与养殖群体存在一定的分化,基因流处于中等程度。

2.3 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的遗传系统关系

海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体间的 Nie's 无偏遗传距离见表 4,结果显示野生群体与养殖群体的遗传距离较大,在 0.5 以上,而养殖群体间的遗传距离为 0.3223,说明野生群体与养殖群体具有一定的分化。图 2 为三群体的聚类图,养殖群体间的距离更近,聚类为一支,野生群作为独立的一支。

3 讨论

3.1 海州湾三疣梭子蟹的遗传多样性

中国自然海区三疣梭子蟹的遗传多样性相对比较丰富,大量的研究结果证实了这一结论^[10-13],但遗憾的是较少有人关注人工养殖和增殖放流对资源的遗传影响,这可能与我国开展三疣梭子蟹养殖与人工放流时间

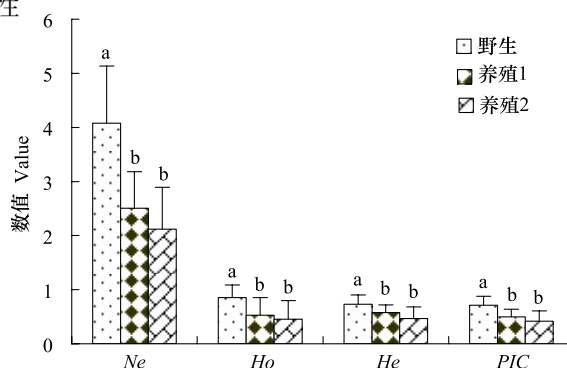


图 1 三疣梭子蟹群体遗传信息差异

Fig.1 Difference of genetic characterization of *P. trituberculatus* stocks

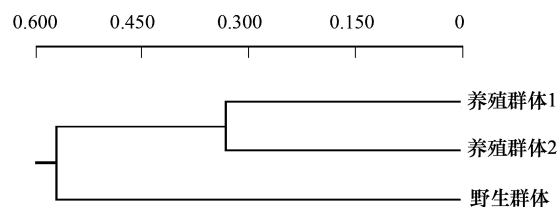


图 2 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的聚类分析图

Fig.2 Diagram of cluster analysis of cultured and wild stocks of *P. trituberculatus* in Haizhou Bay

表 2 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的微卫星遗传特性
Table 2 Genetic characterization of twenty microsatellite loci in *Portunus trituberculatus* of cultured and wild stocks in Haizhou Bay

群体 Stock		微卫星 SR																			均值 Mean	
野生 群体	样本数 Sample no	SZX1	SZX4	SZX6	SZX7	SZX8	SZX9	SZX13	SZX14	SZX16	SZX17	SZX19	SZX20	SZX21	SZX24	Ptt3	Ptt4	Ptt5	Ptt9	Ptt15	Ptt17	
Wild stock	有效等位基因数 Ne	5	7	5	4	5	5	5	1	5	5	5	4	5	5	6	5	5	7	6	5	5
	观察杂合度 Ho	1	0.9667	0.8621	1	1	0.9655	0.8667	0	0.963	0.931	1	0.7273	0.9655	0.931	1	0.9643	1	0.5417	0.6538	0.6786	0.8509
	期望杂合度 He	0.7701	0.8548	0.7302	0.7073	0.7149	0.7907	0.7734	0	0.8085	0.7961	0.6961	0.6839	0.7574	0.7937	0.7948	0.7987	0.75	0.8404	0.7994	0.7636	0.7312
	多态信息指数 PIC	0.7190	0.8202	0.6724	0.6363	0.6491	0.7406	0.7185	单态	0.7606	0.7476	0.6267	0.6006	0.7044	0.7450	0.7474	0.7499	0.6902	0.8008	0.7511	0.7072	0.7151
	养殖群体 1	样本数 Sample no	52	60	60	58	56	56	52	34	50	48	50	46	56	52	58	60	50	44	38	58
Cultured stock 1	有效等位基因数 Ne	4	4	4	4	2	2	3	3	4	3	4	4	2	3	4	3	2	4	3	5	3.35
	观察杂合度 Ho	0.4231	0.8333	1	0.6897	0.0357	0	0.6538	0.1176	0.64	0.5833	0.76	0.7826	0.2143	0.1923	0.7931	0.4	0	0.9545	0.5263	0.9655	0.5283
	期望杂合度 He	0.5875	0.5452	0.6085	0.6479	0.1656	0.3818	0.675	0.6132	0.6947	0.5851	0.7535	0.6947	0.4987	0.6516	0.6842	0.5085	0.3265	0.7093	0.4893	0.7096	0.5765
	多态信息指数 PIC	0.5251	0.4380	0.5171	0.5691	0.1494	0.3047	0.5880	0.5092	0.6218	0.5101	0.6900	0.6171	0.3699	0.5660	0.6185	0.4490	0.2688	0.6305	0.4236	0.6345	0.5000
	养殖 群体 2	样本数 Sample no	54	58	50	46	52	56	50	44	52	52	50	42	44	50	60	50	54	40	40	56
Cultured stock 2	有效等位基因数 Ne	4	3	3	3	2	3	2	3	4	2	4	4	2	3	3	2	1	3	3	4	2.9
	观察杂合度 Ho	0.1852	0.6207	1	0.1304	0	0.1786	0.08	0.2273	0.6538	0	0.44	0.8571	0.3636	0.92	0.9	0.2	0	0.65	0.75	0.8929	0.4525
	期望杂合度 He	0.7149	0.5227	0.5298	0.5053	0.2081	0.5188	0.0784	0.4154	0.7504	0.0754	0.5902	0.6272	0.444	0.5967	0.5757	0.3927	0	0.4962	0.5859	0.7422	0.4685
	多态信息指数 PIC	0.6513	0.4349	0.4036	0.4079	0.1833	0.3967	0.0739	0.3701	0.6870	0.0713	0.5320	0.5407	0.3398	0.4948	0.4747	0.3108	单态	0.4275	0.5030	0.6776	0.4200
	均值 Mean	样本数 Sample no	5	7	5	4	5	5	5	3	5	5	6	4	5	5	6	5	5	7	6	5
	有效等位基因数 Ne	4.0616	4.9138	3.6569	2.9517	2.6452	2.9961	3.7881	1.9828	4.265	2.6048	5.5036	3.5286	3.2796	4.6076	3.6198	2.9222	1.9468	5.0011	3.8253	3.8147	
	观察杂合度 Ho	0.7584	0.801	0.7309	0.6653	0.6258	0.6702	0.7406	0.5015	0.7705	0.62	0.8237	0.7221	0.6995	0.7879	0.7279	0.6618	0.4894	0.8062	0.7443	0.7422	
	期望杂合度 He	0.7147	0.7672	0.6815	0.5961	0.5463	0.6118	0.6961	0.4374	0.7262	0.5755	0.7932	0.6667	0.6415	0.7474	0.6791	0.6210	0.4470	0.7709	0.6988	0.6903	

表 3 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的遗传分化与基因流

Table 3 *Fst* and Gene flow of *P. trituberculatus* of cultured and wild stocks in Haizhou Bay

群体 Stock	野生群体 Wild stock	养殖群体 1 Cultured stock 1	养殖群体 2 Cultured stock 2
野生群体 Wild stock	****	1.8247	1.4765
养殖群体 1 Cultured stock 1	0.1205	****	2.0552
养殖群体 2 Cultured stock 2	0.1448	0.1085	* * * *

上三角为基因流(Nm);下三角为遗传分化指数(Fst)

表 4 海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体的 Nie's 无偏遗传距离

Table 4 Nie's unbiased genetic distance and Gene flow of *P. trituberculatus* of culture and wild stocks in Haizhou Bay

群体 Stock	野生群体 Wild stock	养殖群体 1 Cultured stock 1	养殖群体 2 Cultured stock 2
野生群体 Wild stock			
养殖群体 1 Cultured stock 1	0.5163		
养殖群体 2 Cultured stock 2	0.5905	0.3223	

较短有关,也与三疣梭子蟹标志物应用局限有关。本研究结果显示 20 个位点在 3 群体中的等位基因数为 2—7,其中野生群体的平均等位基因数 5,而两个养殖群体的等位基因平均分别为 3.35 和 2.9,这一结果低于青蟹东海三门湾野生群体(9.83)与浙江三门养殖群体(6.23)^[5],但符合 Liu 等对黄渤海 6 个野生三疣梭子蟹群体的结果(2.5—6.5)^[14],这说明三疣梭子蟹等位基因数低于青蟹,可能与不同种类有关。海州湾三疣梭子蟹天然群体的遗传多样性都较高, H_o 高达 0.8509,略高于青岛、东营、潍坊和日照野生群体的 H_o 值(0.71—0.83)^[14],而本研究中两养殖群体的杂合度则低于上述黄渤海区野生群体, H_o 分别为 0.4525 和 0.5283,但养殖群体的杂合度略低于三门青蟹养殖与野生群体相近($H=0.56—0.58$)。本研究结果显示海州湾天然三疣梭子蟹群体的遗传多样性显著高于养殖群体,但两独立的养殖群体的 N_e 、 H_o 、 H_e 、 PIC 均无显著差异($P>0.05$),这说明海州湾的野生资源遗传多样性较好,明显好于养殖群体。这可能是由于人工养殖和增殖放流的效应时间还比较短,而养殖群体可能用于人工繁殖的有效亲本相对较小,从而导致群体遗传多样性下降。而这种遗传多样性的差异存在,更提示了开展天然种质资源保护的必要性,要采取措施防止养殖三疣梭子蟹进入到天然水环境,同时也要对增殖放流的繁殖群体采用野生捕捞的遗传多样性高的大群体进行繁殖,以避免由于有效繁殖群体过小产生遗传漂变。另外,长期来讲还需要加强养殖群体和天然群体的遗传监测。遗传多样性是生物进化和维持物种防止灭绝的根本,其大小程度代表了物种的进化潜力和环境的适应程度。国内对野生动物遗传多样性的研究主要在濒危物种中开展^[15-16],旨在通过分析其遗传多样性现状,制定出更有效的保护措施,与前述众多研究者所用 AFLP 和 D-Loop 分子标记的研究结果一致,海州湾三疣梭子蟹的遗传多样性较高,具有种质保护与遗传育种选育的潜力。

3.2 规模化养殖对海州湾三疣梭子蟹的遗传渐渗

微卫星标记具有多态性高,在基因组中随机分布、共显性遗传以及检测手段经济简便等诸多优点而成为分子群体遗传学的首选研究手段^[17],特别是研究生物不居群的相互关系。Wilson 通过微卫星标记技术研究斑驴蚌(*Dreissena bugensis*)引入到加拿大劳伦湖的种群扩散模式时发现斑驴蚌从引入点到大湖(Great Lake)最低处这一过程是以跳跃式为扩散途径,已有的资料显示为渐进式扩散,显示出该种贝类具有多种扩散模式,而在对斑马蚌的研究中则显示为跳跃式扩散^[18]。Therriault 应用微卫星标记研究了原产于北黑海 Dnieper 和 Bug Limans 的斑驴蚌引入途径证实该贝是以跳跃式扩散的,是由商船经伏尔加河系引入到加拿大劳伦湖的^[19]。在对大量外来入侵种的群体扩散研究中发现外来种的大部分扩散是以长距离跳跃扩散而非渐进式扩散^[20]。本文研究海州湾三疣梭子蟹养殖群体与野生群体间 Fst 间于 0.1085—0.1448 间,说明处于中度分化状态, Nm 处于 1.5—2.0 间,而野生群体与养殖群体的遗传分化要较养殖群体内部之间更大,基因流也较养殖群

体内部之间要小,表明野生群体与养殖群体存在一定的分化,基因流处于中等程度。这一结果其实与作者用 AFLP 和 D-Loop 分子标记的对中国沿海 6 个地理种群结果基本一致,处于中等分化程度^[21]。说明野生群体与养殖群体的遗传交流处于中等程度,但养殖群体与野生群体的分化,特别是养殖群体遗传多样性低于野生群体,这也意味着在海州湾开展人工增殖放流是一定要有足够的有效繁殖亲本,且用于放流的三疣梭子蟹应来自当地野生资源。但对中华绒螯蟹,表明人工选育中华绒螯蟹群体与长江水系天然群体间没有发生显著性遗传分化^[22],这在育种来讲是非常理想的。但本研究结果显示出野生和养殖群体三疣梭子蟹的遗传差异,提示了人们要更加注意养殖群体对野生群体的遗传影响。采用线粒体 DNA COI 基因序列对厚壳贻贝 2 个养殖群体与 2 个野生群体的遗传多样性研究显示:在养殖群体中单倍型的数量和遗传多样性要比野生群体的低,养殖群体与当地野生群体之间也未发生显著的遗传分化^[23],这一结果与本研究所得结果一致。总之,三疣梭子蟹养殖群体与野生群体存在的遗传差异,这可能与海州湾人工养殖三疣梭子蟹时间较短、人工放流的规模较小、时间较短有关,短期内的养殖活动和增殖放流活动对海州湾天然三疣梭子蟹群体的遗传影响还十分有限,但这也提示我们进展连续多年跟踪研究的必要性。

4 结论

目前海州湾三疣梭子蟹遗传多样性丰富,与养殖群体的遗传组成存在差异,养殖活动和人工增殖放流对天然资源的遗传影响还很有限,但要适时监测二者的遗传状况,以防止天然基因库受到养殖群体及人工增殖放流群体的干扰与污染;同时,建议增殖放流亲本要选择海州湾海捕的经过遗传评价的群体来进行繁殖放流,以避免对天然三疣梭子蟹遗传资源造成影响。

References:

- [1] FAO. Fisheries Global Information System (FIGIS). 2012; Retrieved from <http://www.fao.org/fishery/species/2630/en>.
- [2] Fisheries Bureau. The Ministry of Agriculture of China. 2011 Chinese Fishery Statistical Yearbook. Beijing: China Agriculture Press, 2011; 33-52.
- [3] Wu X, Cheng Y, Zeng C, Wang C, Yang X. Reproductive performance and offspring quality of wild-caught and pond-reared swimming crab *Portunus trituberculatus* broodstock. *Aquaculture*, 2010, 301(1/4): 78-84.
- [4] Glover K A, Otterå H, Olsen R E, Slinde E, Taranger G L. A comparison of farmed, wild and hybrid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared under farming conditions. *Aquaculture*, 2009, 286(3/4): 203-210.
- [5] Zhou Y F, Shu M A, Zhao X F, Zhu X Y. Microsatellite analysis on genetic diversity of wild and cultured populations of *Scylla paramamosain*. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2011, 23(4): 712-716.
- [6] Wang G L, Jin S, Li Z, Chen Y E. Tissue specificity and biochemical genetic analysis of isozyme on cultured *Portunus trituberculatus* stocks. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2005, 24(4): 474-480.
- [7] Vay L L, Carvalho G R, Quintio E T, Lebat J H, Ut V N, Fushimi H. Quality of hatchery-reared juveniles for marine fisheries stock enhancement. *Aquaculture*, 2007, 268(1/4): 169-180.
- [8] Sambrook J, Russell D W. Molecular Cloning Experiment Guide (Concise Edition). Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [9] Botstein D, White R L, Skolnick M, Davis R W. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms. *American Journal of Human Genetics*, 1980, 32(3): 314-331.
- [10] Xu Q H, Liu R L, Liu Y. Genetic population structure of the swimming crab, *Portunus trituberculatus* in the East China Sea based on mtDNA 16S rRNA sequences. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2009, 371(2): 121-129.
- [11] Liu Y, Liu R L, Ye L C, Liang J, Xuan F J, Xu Q H. Genetic differentiation between populations of swimming crab *Portunus trituberculatus* along the coastal waters of the East China Sea. *Hydrobiologia*, 2009, 618(1): 125-137.
- [12] Feng B B, Li J L, Niu D H, Chen L, Zheng Y F, Zheng K H. Compared analysis on the sequences of mitochondrial CR gene and CO I gene fragments of nine wild stocks of *Portunus trituberculatus* from the marginal seas of China. *Chinese Journal of Zoology*, 2008, 43(2): 28-36.
- [13] Liu S, Xue S X, Sun J S. Genetic diversity of *Portunus trituberculatus* revealed by AFLP analysis. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2008, 39(2): 152-156.
- [14] Liu Y G, Guo Y H, Hao J, Liu L X. Genetic diversity of swimming crab (*Portunus trituberculatus*) populations from Shandong peninsula as assessed by microsatellite markers. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2012, 41: 91-97.
- [15] Huang L, Wang Y Q. SSR Polymorphism of Alligator sinensis and Conservation Strategy of Genetic Diversity. *Journal of genetics and genomes*, 2004,

31(2): 143-150.

- [16] Zhou Z, Zheng J S, Chen M M, Zhao Q Z, Wang D. Genetic evaluation and development prognosis on ex situ conserved Yangtze finless porpoises living in Tian-e-Zhou National Natural Reserve. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2012, 36(3): 403-411.
- [17] Liu Z J, Cordes J F. DNA marker technologies and their applications in aquaculture genetics. *Aquaculture*, 2004, 238(1/4): 1-37.
- [18] Wilson A B, Naish K A, Boulding E G. Multiple dispersal strategies of the invasive quagga mussel (*Dreissena bugensis*) as revealed by microsatellite analysis. *Canadian Journal of Fisheries Aquatic Sciences*, 1999, 56(12): 2248-2261.
- [19] Theriault T W, Orlova M I, Docker M F, MacIsaac H J, Heath D D. Invasion genetics of a freshwater mussel (*Dreissena rostriformis bugensis*) in eastern Europe: high gene flow and multiple introductions. *Heredity*, 2005, 95(1): 16-23.
- [20] Hastings A. Models of spatial spread: is the theory complete?. *Ecology*, 1996, 77(6): 1675-1679.
- [21] Dong Z G. The Study on Morphology, Biochemistry, Molecular Phylogeography and Genetic Diversity of the Swimming Crab *Portunus trituberculatus* along China Coast. The doctoral dissertation of Shanghai Ocean University, 2012, 52-60.
- [22] Li X H, Xu Z Q, Pan J L, Yang J X, Ge J, Bai R F, Zhu Q S. Genetic diversity of selected stock of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2010, 17(2): 236-242.
- [23] Shen Y B, Li J L, Feng B B. Genetic analysis of cultured and wild populations of *Mytilus coruscus* based on mitochondrial DNA. *Zoological Research*, 2009, 30(3): 240-246.

参考文献:

- [2] 中国农业部渔业局. 2011 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 2011: 33-52.
- [5] 周宇芳, 舒妙安, 赵晓枫, 朱晓宇. 青蟹野生与养殖群体遗传多样性的微卫星分析. *浙江农业学报*, 2011, 23(4): 712-716.
- [6] 王国良, 金珊, 李政, 陈寅儿. 三疣梭子蟹养殖群体同工酶的组织特异性及生化遗传分析. *台湾海峡*, 2005, 24(4): 474-480.
- [8] Sambrook J, Russell D W. 分子克隆实验指南(精编版). 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [12] 冯冰冰, 李家乐, 牛东红, 陈琳, 郑岳夫, 郑凯宏. 我国沿海三疣梭子蟹 9 个野生群体线粒体 CR 和 CO I 片段比较分析. *动物学杂志*, 2008, 43(2): 28-36.
- [13] 刘爽, 薛淑霞, 孙金生. 黄海和东海三疣梭子蟹 (*Portunus trituberculatus*) 的 AFLP 分析. *海洋与湖沼*, 2008, 39(2): 152-156.
- [15] 黄磊, 王义权. 扬子鳄种群的微卫星 DNA 多态及其遗传多样性保护对策分析. *遗传学报*, 2004, 31(2): 143-150.
- [16] 周钊, 郑劲松, 陈敏敏, 赵庆中, 王丁. 天鹅洲迁地保护江豚群体的遗传评估与发展预测. *水生生物学报*, 2012, 36(3): 403-411.
- [21] 董志国. 中国沿海三疣梭子蟹群体形态、生化与分子遗传多样性研究. 上海海洋大学博士学位论文, 2012: 52-60.
- [22] 李晓晖, 许志强, 潘建林, 杨家新, 葛家春, 柏如发, 朱清顺. 中华绒螯蟹人工选育群体的遗传多样性. *中国水产科学*, 2010, 17(2): 236-242.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.33, No.23 Dec., 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Ozone uptake at the canopy level in *Robinia pseudoacacia* in Beijing based on sap flow measurements WANG Hua, OUYANG Zhiyun, REN Yufen, et al (7323)
- Genetic impact of swimming crab *Portunus trituberculatus* farming on wild genetic resources in Haizhou Bay DONG Zhiguo, LI Xiaoying, ZHANG Qingqi, et al (7332)
- The effect of soil salinity to improve the drought tolerance of arrowleaf saltbush TAN Yongqin, BAI Xinfu, HOU Yuping, et al (7340)
- Effects of *Liriomyza huidobrensis* infestation on the activities of four defensive enzymes in the leaves of cucumber plants SUN Xinghua, ZHOU Xiaorong, PANG Baoping, et al (7348)

Autecology & Fundamentals

- Early effects of simulated nitrogen deposition on annual nutrient input from litterfall in a *Pleioblastus amarus* plantation in Rainy Area of West China XIAO Yinlong, TU Lihua, HU Tingxing, et al (7355)
- Relationship between nutrient characteristics and yields of tumorous stem mustard at different growth stage ZHAO Huan, LI Huihe, LÜ Huifeng, et al (7364)
- Decomposition rate and silicon dynamic of mulching residue under *Phyllostachys praecox* stands HUANG Zhangting, ZHANG Yan, SONG Zhaoliang, et al (7373)
- Effects of waterlogging on the growth and physiological properties of juvenile oilseed rape ZHANG Shujie, LIAO Xing, HU Xiaojia, et al (7382)
- The crude protein content of main food plants of François' langur (*Trachypithecus francoisi*) in Fusui, Guangxi, China LI Youbang, DING Ping, HUANG Chengming, et al (7390)
- Effects of nitrogen on photosynthetic characteristics and enzyme activity of nitrogen metabolism in maize under-mulch-drip irrigation GU Yan, HU Wenhe, XU Baijun, et al (7399)
- Ecotoxicological effects of exposure to PFOS on embryo and larva of zebrafish *Danio rerio* XIA Jigang, NIU Cuijuan, SUN Luyin (7408)
- Allelopathic effects of extracts from *Ulva prolifera* powders on the growth of *Prorocentrum donghaiense* and *Skeletonema costatum* HAN Xiurong, GAO Song, HOU Junni, et al (7417)
- Predation evaluation of *Diaphorina citri*'s (Homoptera: Chermidae) natural enemies using the CO I marker gene MENG Xiang, OUYANG Gecheng, XIA Yulu, et al (7430)
- Effect of volatiles from healthy or worm bored Korean pine on host selective behavior of *Dioryctria sylvestrella* and its parasitoid *Macrocentrus* sp. WANG Qi, YAN Shanchun, YAN Junxin, et al (7437)

Population, Community and Ecosystem

- Relationship between rhizosphere microbial community functional diversity and faba bean fusarium wilt occurrence in wheat and faba bean intercropping system DONG Yan, DONG Kun, TANG Li, et al (7445)
- Characteristics of soil fertility in different ecosystems in depressions between karst hills YU Yang, DU Hu, SONG Tongqing, et al (7455)
- Evaluation on carbon sequestration effects of artificial alfalfa pastures in the Loess Plateau area LI Wenjing, WANG Zhen, HAN Qingfang, et al (7467)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Effects of deep vertically rotary tillage on soil water and water use efficiency in northern China's Huang-huai-hai Region LI Yibing, PANG Huancheng, YANG Xue, et al (7478)

- Effects of landscape patterns on runoff and sediment export from typical agroforestry watersheds in the Three Gorges Reservoir area, China HUANG Zhilin, TIAN Yaowu, XIAO Wenfa, et al (7487)
- Land cover classification of Yancheng Coastal Natural Wetlands based on BP neural network and ETM+ remote sensing data XIAO Jincheng, OU Weixin, FU Haiyue (7496)
- Early responses of soil CH₄ uptake to increased atmospheric nitrogen deposition in a cold-temperate coniferous forest GAO Wenlong, CHENG Shulan, FANG Huajun, et al (7505)
- Temporal-spatial characteristics of soil respiration in Chinese boreal forest ecosystem JIA Bingrui, ZHOU Guangsheng, JIANG Yanling, et al (7516)
- Seasonal and interannual variability in soil respiration in wheat field of the Loess Plateau, China ZHOU Xiaoping, WANG Xiaoke, ZHANG Hongxing, et al (7525)
- Dynamics of atmospheric ammonia concentrations near different emission sources LIU Jieyun, KUANG Fuhong, TANG Aohan, et al (7537)
- Influence of residues and earthworms application on N₂O emissions of winter wheat ... LUO Tianxiang, HU Feng, LI Huixin (7545)
- Resource and Industrial Ecology**
- Ecological monitoring of the fish resources catching and stocking in Lake Tianmu basing on the hydroacoustic method SUN Mingbo, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (7553)
- Application of support vector machine to evaluate the eutrophication status of Taihu Lake ZHANG Chengcheng, SHEN Aichun, ZHANG Xiaoqing, et al (7563)
- Research Notes**
- Amount and dynamic characteristics of litterfall in four forest types in subtropical China XU Wangming, YAN Wende, LI Jiebing, et al (7570)
- Allelopathic effects of artemisinin on seed germination and seedling growth of vegetables BAI Zhen, HUANG Yue, HUANG Jianguo (7576)
- Nitric oxide participates symbiosis between am fungi and tobacco plants WANG Wei, ZHAO Fanggui, HOU Lixia, et al (7583)
- Mapping wildlife habitat suitability using kernel density estimation ZHANG Guiming, ZHU A'xing, YANG Shengtian, et al (7590)
- Effects of nitrogen fertilizer methods on the content of *Bacillus thuringiensis* insecticidal protein and yield of transgenic cotton MA Zongbin, LIU Guizhen, YAN Gentu, et al (7601)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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 90 元/册,全年定价 2160 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

本期责任副主编 王德利

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 33 卷 第 23 期 (2013 年 12 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 23 (December, 2013)

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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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: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 90.00 元