

厦门海洋生物外来物种和生物入侵

刘 佳, 朱小明, 杨圣云*

(厦门大学海洋与环境学院, 福建 厦门 361005)

摘要: 生物入侵是指外来种在某地区定居、繁衍、扩散, 并造成危害的过程. 生物入侵已成为全球性的环境问题, 它对生态系统、环境和社会经济的影响日益明显. 本文讨论互花米草(*Spartina alterniflora* Loisel) 和沙饰贝(*Mytilopsis sallyi* Reeluz) 的分类学、生物学及其在厦门的引入、扩散过程, 简要分析厦门海洋生物入侵的现状、危害及治理方法, 指出对外来海洋生物入侵开展全面深入的研究和治理势在必行.

关键词: 海洋生物入侵; 厦门; 互花米草; 沙饰贝

中图分类号: Q 178. 53

文献标识码: A

文章编号: 0438-0479(2007)S1-0181-05

外来种所导致的生物入侵已成为一个世界性的生态和经济问题, 生物入侵所带来的巨大经济损失以及对生态系统的稳定性和物种生存的自然平衡所造成的破坏和长期的威胁, 是一个越来越引起政界、科学界和社会公众所关注的生态学问题, 甚至被认为是 21 世纪最棘手的环境问题之一. 由于海洋生态系统的开放性和脆弱性, 其危害的严重程度更为突出.

本文试图归纳本地种、外来种、生物入侵等有关概念、理论, 并以互花米草和沙饰贝为例简要分析厦门海洋生物入侵的现状、危害及治理方法.

1 本地种与外来种

1.1 本地种

物种在地球上的分布有一定的规律性. 在一个特定的区, 有些物种是广泛分布的, 有些物种是当地特有的. 后者也叫本地种(native species), 或土著种(indigenous species), 或称原生种(original species), 它是指自然发生于原生地区的物种, 或“自然发生于特定地区的植物、动物和微生物”^[1].

1.2 外来种

外来种(exotic species, alien species)或称非本地种(non-native species)、非土著种(non-indigenous species), 通常被认为是“由于人类活动有意识或无意识地散布, 结果出现在其历史上已知自然分布范围以外区域的物种”^[2]; 或“一个植物或动物通常无意识地通过人类迁移或旅行引入一个区域或大陆”^[3]; 或是指“借助自身力量或外界力量, 传播到以往未曾分布

过的区域, 并且能进行后代繁衍的生物”^[4].

本地种和外来种虽均有其明确的定义, 但实际上, 并非对某一地区的所有的物种均可以明确地区分清楚哪些是本地种, 哪些是外来种, 尤其是从时间尺度上确定外来种是相当困难和复杂的. 通常外来种进入一个新的生态系统后, 约经过 1 000 a 后, 就难以与本地种区分开^[5], 这些物种被称为隐秘种(cryptogenic species), 或者这些物种经过长期适应, 已完全立足于新的分布地区, 并密切地成为当地自然种群的一部分, 以致它们经常被称为归化种或驯化种(naturalized species).

1.3 引入种

引入种(introduced species)是指“某一地区或国家由人类有意识地从外地引入的其历史上曾未有分布过的物种”. 引入种也是外来种, 是人类有意识引入的外来种.

1.4 入侵种

1999 年 2 月美国白宫发表的总统令将入侵种(invasive species)定义为“已引起或很可能引起对经济、环境和人类健康产生危害的外来种”.

应该指出, 入侵种是外来种. 但外来种不等于入侵种或不全是入侵种, 只有对经济、环境和人类健康产生危害的外来种才是入侵种.

2 外来入侵种的入侵过程

2.1 外来种到入侵种的转化过程

在引入地, 外来种的命运有两种, 一种是外来种不能适应当地的环境, 或受到本地种的排斥, 种群不能自我维持. 另一种情况则相反, 外来种在当地建立了可自我维持的种群, 称之为居留成功. 居留成功的

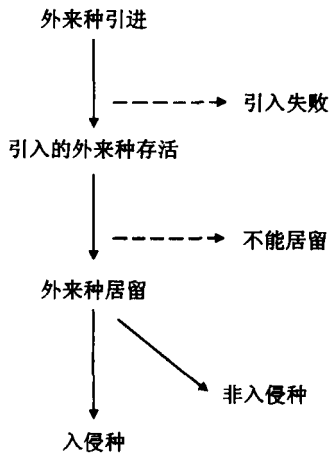


图1 从外来种到入侵种的演变过程

Fig.1 Transitions from alien species to invasive species

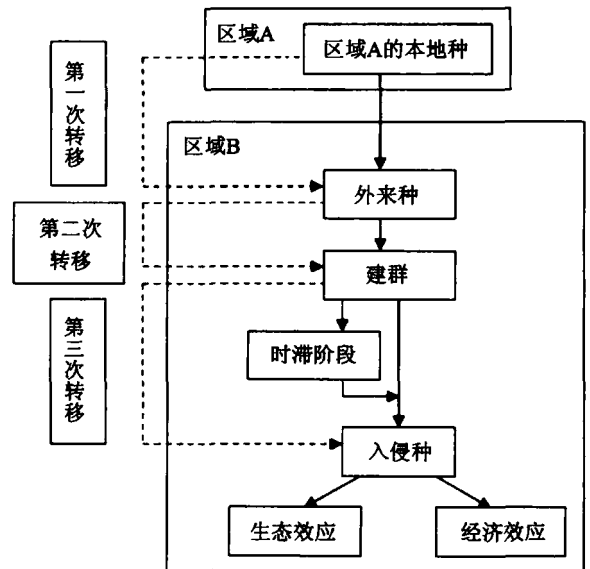


图2 外来种到入侵种的三次转移

Fig.2 Three transfers in the process of biological invasion

外来种如果只是停留在引入地,没有扩散到相邻的地区,当地的物种群落外貌通常不会有显著改观,生态系统的功能也能保持相对的稳定,这时的外来种称为非入侵种。通常人们引种的目的也在于希望能够利用引入种的直接、间接经济效益或生态环境效益,使之维持在非入侵种的地位上,而非变成入侵种;反之,如果居留成功的外来种种群数量急剧增加,并不断向四周地区蔓延扩张,将会对当地的生态系统的结构和功能造成明显的损害,这时的外来种就变成了入侵种^[6]。物种从外来种转化为入侵种的过程可用图1概括表示。

Williamson(1996)把外来种演变为入侵种的各个环节划分为3次转移(图2)^[7]。第一次转移是从进口到引入(释放到自然环境),称为逃逸;第二次转移是从引入到在自然环境中建立种群,称为建群;第三次转移是从建群到变成经济上有副作用的生物(即入侵种)。Williamson认为,每次转移成功的概率在5%和20%之间,大约是10%左右,称为“十分之一法则”(tens rule)。所以一个物种从引进(不管是有意还是无意)到成功入侵是一个小概率事件。

Williamson(1996)的“十分之一法则”认为,“大部分入侵物种很少或几乎没有影响”。该法则广泛用于证明仅有10%的入侵生物具有负面的生态效应,而Carlton则认为这一观点是错误的。

Carlton^[8]认为,许多具有负面经济效应的入侵生物的数据主要来自陆生植物,而忽略了其他种类的生物和入侵事件发生的区域;更为重要的是,对于具有生态或环境影响的入侵生物,“十分之一法则”不能用来讨论其百分率,即不能用数量百分比限定有害生物的内涵。此外,就引种对当地生态系统的影响而言,大多数评判都是基于相互关联的、未经证实的猜测。

2.2 生物入侵

生物入侵(biological invasion)的定义存在着含义和使用上的模糊,没有统一的标准。Elton^[9]认为生物入侵是指“某种生物从原来的分布区域扩展到一个新的、通常也是遥远的地区,在新的区域里,其后代可以繁殖、扩散并维持下去”。英国当代研究生物入侵的权威Williamson^[7]则认为生物入侵是指“生物物种进入一个进化史上从未分布过的新地区,不考虑以后该种是否永远定居”。方炜^[10]认为“当一种生物体进入未曾分布的地区,并能繁殖以延续自己的种族,即可叫作生物入侵”,并认为大多数生态学家所采用的生物入侵是指“生物种向近代进化史上不曾分布过的区域进行永久性的扩散,物种在新的区域里可以自由繁衍”的定义最能全面体现入侵事件在生态学和进化生物学中的意义。而环境保护和资源管理实践中广泛应用的生物入侵定义则是指“非本地种在一个生态系统中已达到某种程度的优势”,换句话说,不仅是定居而且处于扩张趋势。

尽管上述生物入侵的定义在不同程度上明确了外来种的传播、定居、繁衍后代或达到某种程度的优势,但都忽略了入侵的本质,即生物入侵对入侵地的经济、环境、社会和人类健康产生的危害,因此,我们建议采用“外来种在某地区定居、繁衍、扩散,并造成危害”^[11]作为生物入侵的定义。

3 厦门海域外来种及生物入侵现状

当前,海洋外来生物入侵同海洋污染、渔业资源

过渡捕捞和生境破坏一样, 已成为世界海洋生态环境面临的四大问题之一. 海洋外来入侵物种的分布、引入路径、造成的危害都有别于陆生和淡水水生外来入侵种.

厦门位于中国东南沿海, 是我国 5 个经济特区之一, 拥有发达的海陆空立体交通网, 不仅是中国十大旅游城市之一, 也是中国接待国际游轮最多的口岸之一. 这就大大增加了厦门地区受外来物种入侵的可能性. 本文选取厦门两个主要海洋外来种——互花米草和沙饰贝, 对厦门海洋生物入侵的现状、危害、治理进行阐述和简要分析.

3.1 厦门海域互花米草

互花米草, 英文名 Smooth cord-grass, 学名 *Spartina alterniflora* Loisel, 属单子叶植物纲 (Monocotyledoneae) 莎草目 (Cyperales) 禾本科 (Poaceae), 多年生高秆型海滩植物. 种子可随风浪传播, 兼营有性和无性繁殖, 可通过种子、根茎、甚至残体进行繁殖. 可以在热带、亚热带沿海地区种植, 抗风浪, 耐盐、耐淹能力强, 对土壤的适应性较广, 在黏土、壤土和粉沙土中均能生长, 但以河流入海口淤泥质海滩为佳, 最适宜在海滩高潮带下部至中潮带上部的潮间带生长^[12].

(1) 互花米草的引入和扩散

互花米草原产于美国北卡罗来纳、佛罗里达和乔治亚州, 是当地潮间带盐沼优势种. 1979 年 12 月从美国佛罗里达等三个州引进了三个生态型, 1980 年 10 月在福建罗源试种成功, 1982 年扩种到江苏、广东、浙江和山东等地^[13].

厦门地区关于互花米草的报道出现在 20 世纪 90 年代末, 其种群的建立亦是人为引种的结果, 部分种群是由九龙江口上游和泉州等地的种子漂移过来而自然建立的. 目前, 在闽东北的三沙湾、罗源湾和闽南的泉州湾、安海湾和厦门湾, 互花米草已成为突出的外来有害生物, 占据蛸、牡蛎等养殖滩涂, 促进泥沙淤积和滩涂迅速淤高^[14].

(2) 厦门海域互花米草及其危害

2002 年, 《厦门海域生物入侵及其防治对策》项目研究表明厦门西海域的互花米草主要分布在东屿湾海域和海沧海堤外侧, 共有 38 处 (块), 面积约 3 655 m², 其中, 东屿湾分布面积 2 035 m², 海沧码头西侧海堤外侧分布面积 1 620 m². 2002 年, 厦门市海洋与渔业局组织清挖了 4 200 m² 互花米草, 但到 2004 年, 清挖区的互花米草已经基本恢复, 而且在大嶝和同安湾水域也发现有互花米草分布. 可见, 尽管经过各方努力清除, 两年来互花米草的面积仍是有增无减. 据

2005 年初厦门市海洋与渔业局测算, 目前厦门市互花米草总面积约有 30 000 m², 主要分布在海沧东屿湾和青礁海堤外侧一带的滩涂、翔安琼头、甬厝, 大嶝的一些地方也有零星分布. 由此可见, 互花米草的蔓延速度非常之快.

当初引入互花米草的目的是保滩护岸、改善海滩生态环境, 但却给当地的经济和生态带来了巨大灾难. 互花米草在厦门的危害主要表现在: 破坏近海生物栖息环境, 影响滩涂养殖; 影响海水交换能力, 导致水质下降; 改变或破坏滨海滩涂湿地的生态群落结构, 威胁红树林的生长. 总之互花米草一旦泛滥, 将严重影响厦门滩涂湿地生态系统结构和功能.

(3) 互花米草的防治对策

传统的治理入侵生物的方法有机械或人工治理、化学治理、生物治理等. 国内外早已开展了对互花米草防治技术的研究.

物理和机械防除是采用人工方法或特殊机械装置, 对互花米草进行拔除、割除、遮盖、火烧、水淹、碾埋等, 从而遏制其生长, 限制其呼吸或光合作用, 最终杀死植株. 2002 年下半年, 厦门市海洋与渔业局会同海沧管委会组织力量完成了对互花米草的人工清除工作, 共清除米草 4 200 m², 在一定程度上控制了其大规模的蔓延, 保护了海洋生态环境.

在化学防除方面, Rodeo (甘草磷) 曾经是美国惟一允许使用的除草剂, 近年来美国还尝试使用 Arsenal 来代替 Rodeo, 其作用效果更有效^[15]. 荷兰主要采用除草剂 Gallant 控制米草的蔓延^[16]. 国内互花米草的化学治理尚处于试验阶段, 未大规模应用. 刘建等曾研制出一种安全有效的米草防除剂和败育剂——米草净, 而且实验研究表明, 其对海水中浮游生物的影响较小^[13]. 杜文琴等利用自行研制的专用药剂“米草星”可在 60 d 内连根杀死红树林与互花米草交错生长区域内全部互花米草, 而对区域内红树林的生长及繁殖无影响, 并对水生生物安全, 且用药后 30 d 土壤中未检测出“米草星”药剂的残留^[17]. 2005 年厦门市海洋与渔业局委托福建省海洋研究所开展了互花米草化学防除的研究工作, 研究人员于 2005 年 7 月 15 日在厦门海沧青礁滩涂上对部分互花米草喷洒主要成分为草甘磷异丙胺盐、甲脂等的除草剂. 结果表明: 试验选用的除草剂对互花米草的杀除有效, 而且对底栖生物群落结构及其生境的干扰不大. 小面积的互花米草使用米草除草剂进行灭除, 除草药剂使用量少, 不会对底栖生物生境造成严重影响. 因此, 对于目前厦门海域以小块分布、尚未形成大面积连片发展的互花米草, 使用除草剂进行除草是可行的^[18].

对于互花米草的生物防治,在美国的东南部海岸,一种食性专一的沼泽蜗牛(*Littoraria irrorata*)被用作天敌来抑制互花米草的生长蔓延^[19]. 根据目前的研究,可能在对互花米草的控制中得到应用的生物还有:同翅目昆虫 *Prokelisia. marginata*、麦角菌(*Clavicipitaceae*)、玉黍螺(*Littorinidae*). 目前对引进天敌的效果与后果都存在一定的争议,因此对于互花米草的生物控制研究尚在实验阶段,没有得到大规模的应用^[20].

总体上说,目前国内对互花米草还没有有效的防治方法,主要是采用物理防除,其效果不是很理想.

3.2 厦门海域的沙饰贝

沙饰贝,英文名 false mussel 或 zebra mussel,学名 *Mytilopsis sallei* Reeluz,属于软体动物门(Mollusca)双壳纲(Bivalvia)帘蛤目(Veneroida)饰贝科(Dreissenidae). 性成熟早,繁殖率高,生长发育快,能适应不同温度和盐度,甚至是高污染的环境. 沙饰贝形似彩虹明樱蛤(*Moerella iridescens* Benson)(俗称“海瓜子”),多数以壳长 10~20 mm 的个体占优势,壳长 30 mm 以上的老个体少见.

(1) 沙饰贝的引入和扩散

沙饰贝原产地在中美洲热带海域,附着在墨西哥的岩石和海藻场,也在委内瑞拉和伯利兹沿岸泻湖发现. 1915 年巴拿马运河通航后,由船只通过运河将其带至太平洋和印度洋沿岸. 后在印度东部海岸、日本内湾均有发现. 1977 年在台湾牡蛎田首次发现. 1980 年在香港 Tolo 港发现一块木船板上附着少量这种贝类的死亡贝壳. 1981 年, Morton 首次在香港水域漂浮的木板上记录到少量的沙饰贝,并怀疑是由越南难民船带进来的^[21]. 1982 年,黄宗国发现香港的方舟底部几乎 100% 被沙饰贝覆盖^[22]. 是时,沙饰贝已在香港归化,在九龙尖沙咀西的政府船坞上,该种几乎把土著的纹藤壶(*Balanus amphitrite*)等生物完全排斥.

1990 年和 1993 年,王建军等发现在厦门马銮湾的养殖设施上附着大量的沙饰贝,已成为污损生物群落的优势种^[23]. 1995 年在马銮湾由外往内设 3 个站进行周年挂板试验,表明该种的密集区在水面下 1~4 m 处,尽管 6 m 水层以下仍有分布,但由于 H_2S 含量高达 20 mg/dm^3 以上,底层水严重缺氧,附着的幼贝大量死亡. 三个站数量差别不大,如 6 月附着密度 $4.8 \times 10^3 \sim 8.0 \times 10^3$ 个/ m^2 、6~8 月 $140 \times 10^3 \sim 162 \times 10^3$ 个/ m^2 . 经调查发现,沙饰贝在马銮湾的垂直分布情况为:从水体表层直到最底层都有沙饰贝附着,密集区在水下 1~4 m 之间;水平分布情况为:马銮湾海堤以东的厦门西港水域没有发现沙饰贝分布,仅在马

銮湾内部分布. 1998 年黄宗国在筭筭湖岸壁也发现该种. 2005 年国家海洋局第三海洋研究所对整个筭筭湖进行布站取样,结果表明整个筭筭湖内、外湖都有,外湖最多,底泥中有大量分布($120 \times 10^3 \sim 180 \times 10^3$ 个/ m^2),仅少量存活,湖外出口处附近海域就未见该种. 可见,沙饰贝主要生活在水流不畅的内湾或围垦的浅水.

(2) 沙饰贝的危害与防治对策

2001 年 11 月我国公布的外来有害生物名单中,沙饰贝是收录的 5 种软体动物之一. 根据研究,沙饰贝入侵后,常常附着在养鱼网箱、塑料筏子、绳缆及砖头沉子,密度可达 $5\,740 \sim 34\,360$ 个/ m^2 ^[23],这种贝类生活力和繁殖力极强,生长迅速,能与其他养殖的贝类争夺附着基、饵料以及生活空间,严重影响当地的渔业生产.

目前,厦门马銮湾海域的浮筏、桩柱等所有养殖设施表面几乎全被它占据,把当地原有数量很大的藤壶(*Balanus* sp.)、牡蛎(*Crassostrea* sp.)等都排挤了. 因争夺饵料,养殖的菲律宾蛤仔(*Ruditapes philippinarum*)、翡翠贻贝(*Perna viridis*)等产量大幅度下降. 由于其肌肉和生殖腺小,几乎不能食用,当地渔民只好采集作为青蟹的饵料,且售价很低. 沙饰贝的滤水量很大,尽管对澄清水质有一定的作用,但大量的代谢产物增加有机物污染并降低水中的溶解氧^[23],对当地的原生物种造成一定的影响.

目前尚未有治理沙饰贝的有效方法. 鉴于这种情况,主要是发动渔民通过人工的方式进行清除,防止其种群继续扩张. 马銮湾通过插棍棒的方式让沙饰贝的种群自然附苗,养殖以后作为养殖鱼、虾、蟹的饵料,将其变害为利,既产生了经济效益,又具有生态效益,是一个较好的办法. 由此可见,虽是外来种,但沙饰贝的危害程度低于互花米草,鉴于该种已成为养殖对象,从而启发我们因势利导、变害为利.

厦门海域的外来种沙饰贝尚处于开始扩张阶段,其蔓延对当地物种群落的种群遗传结构的影响以及是否存在其与土著物种杂交而引起遗传污染等情况还不完全清楚,因此必须加强对其种群的跟踪观察和研究.

随着今后马銮湾开堤水体交换加大,应警惕沙饰贝在厦门西海域进一步扩散的可能,开展必要的动态监控,及时预警、预报. 由于沙饰贝附着和繁殖的高峰期在夏季,进入冬季后,随着气温的降低,其数量有所减少,应加强该物种的清除控制力度.

4 结 语

目前对外来种(如互花米草、沙饰贝)的研究还只是非常初步的和表面的. 而我国海洋环境的复杂性和沿海经济快速发展的特点, 使我国海洋环境具备了比以往更多的遭受外来生物入侵的机会. 因此, 我们必须引起高度警惕, 积极开展对外来海洋生物入侵的全面深入研究, 深入认识入侵物种如互花米草和沙饰贝对我国本土生物及海洋生态系统的影响, 提出有效的防治措施, 并为我国其它海洋生物入侵种的研究和防治提供参考.

参考文献:

- [1] Pimentel D, Lach L, Zuniga R, et al. Environmental and economic costs of non-indigenous species in the United States[J]. Bio Science, 2000, 50(1): 53– 65.
- [2] 中国生物多样性网络研究报告编写组. 中国生物多样性研究报告[M]. 北京: 环境科学出版社, 1998.
- [3] Cunningham M A, William P. Environmental encyclopedia[M]. 2nd ed. Detroit: Gale Research Inc, 1998.
- [4] 彭少麟, 向言词. 生物外来种入侵及其对生态环境的影响[J]. 生态学, 1999, 19(4): 560– 569.
- [5] Usher M B. Biological invasions of mature reserves: a search for generalizations[J]. Biological Conservation, 1988, 44: 119– 135.
- [6] Kolar C S, Lodge D M. Progress in invasion biology: predicting invaders[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2001, 16(4): 199– 204.
- [7] Williamson M. Biological invasions[M]. London: Chapman & Hall, 1996.
- [8] James T Carlton. Community assembly and historical biogeography in the North Atlantic[J]. Hydrobiologia, 2003, 503: 1– 8.
- [9] Elton C S. The ecology of invasions by animals and plants[M]. London: Methuen, 1958.

- [10] 方炜. 生物入侵与全球变化[C] // 方精云, 主编. 全球生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000: 43– 70.
- [11] 王伯荪, 郝艳茹, 王昌伟, 等. 生物入侵与入侵生态学[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2005, 44(3): 75– 77.
- [12] 徐海根, 王健民, 强胜, 等. “生物多样性公约”热点研究: 外来物种入侵、生物安全、遗传资源[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [13] 刘建, 庄志鸿, 蔡宣梅, 等. 米草净对海区浮游生物影响的研究[J]. 中国环境科学, 2004, 24(6): 722– 724.
- [14] 薛达元. 中国生物遗传资源现状与保护[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005.
- [15] Patten K. Proceedings from the 1999 *Spartina* Eradication Post-season Review[C]. Olympia, Washington: [s. n.], 1999: 15.
- [16] William B Shaw, Derek S Gosling. Proceedings of the Second International *Spartina* Conference[C]. Olympia, Washington: [s. n.], 1997, 27– 33.
- [17] 杜文琴, 马丽娜, 刘建, 等. 红树林区内互花米草防除技术研究[J]. 中国生态农业学报, 2006, 7, 14(3): 154– 156.
- [18] 吕小梅, 张跃平. 互花米草防除药物对滩涂底栖生物影响的评价[J]. 台湾海峡, 2006, 8, 25(3): 402– 406.
- [19] Silliman B R, Newell S Y. Fungal farming in a snail[OL]. <http://www.pnas.org/cgi/content/full/100/26/15643>, 2003212223.
- [20] 王卿, 安树青, 马志军, 等. 入侵植物互花米草——生物学、生态学及管理[J]. 植物分类学报, 2006, 44(5): 559– 588.
- [21] Morton B. *Mytilopsis sallei* recorded from Hong Kong: an introduction by Vietnamese refugees[J]. Malacol Rev, 1983, 13: 90– 92.
- [22] Huang Z G, Morton B. *Mytilopsis sallei* established in Victoria Harbour[J]. Malacol Rev, 1993, 16: 97– 98.
- [23] 王建军, 黄宗国, 郑成兴, 等. 厦门和东山外来物种沙饰贝的种群动态和结构[J]. 台湾海峡, 1999, 18(4): 372– 377.

Present Status of Marine Biological Invasions in Xiamen

LIU Jia, ZHU Xiao-ming, YANG Sheng-yun*

(College of Oceanography and Environmental Science, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract: Biological invasion is the transitions of exotic species, colonization, multiplication, diffusion and its damages at a certain area. It has become a global environmental issue, and has an increasingly remarkable impact on ecosystem, environment and social economy. The taxonomy, biology and the import and diffusion process of *Spartina alterniflora* and *Mytilopsis sallei* were discussed in this paper. The status, impacts and cure strategies of the marine biological invasions in Xiamen were briefly studied. Studying marine biological invasion thoroughly and comprehensively is imperative under the situation.

Key words: marine biological invasion; Xiamen; *Spartina alterniflora*; *Mytilopsis sallei*