

DOI: 10.11931/guihaia.gxzw201412033

邱广龙, 苏治南, 钟才荣, 等. 濒危海草贝克喜盐草在海南东寨港的分布及其群落基本特征 [J]. 广西植物, 2016, 36(7):882-889

QIU GL, SU ZN, ZHONG CR, et al. Distribution and community characteristics of threatened seagrass *Halophila beccarii* in Dongzhai Harbor, Hainan [J]. Guihaia, 2016, 36(7):882-889

濒危海草贝克喜盐草在海南东寨港的分布及其群落基本特征

邱广龙^{1,2,3}, 苏治南^{1,3}, 钟才荣⁴, 范航清^{1,3*}

(1. 广西科学院 广西红树林研究中心 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西 北海 536000; 2. 中国科学院 生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 3. 广西大学 林学院, 南宁 530004; 4. 海南东寨港国家级自然保护区管理局, 海口 571129)

摘要: 贝克喜盐草 (*Halophila beccarii*) 是当前全球面临灭绝风险的 10 种海草之一, 被国际自然保护联盟 (IUCN) 列为易危 (VL) 种。由于贝克喜盐草生境的特殊性 (受涨退潮影响的潮间带) 及个体十分纤小且易被沉积物覆盖, 加之种群更新速率极快, 导致通常难以被发现。据报道, 贝克喜盐草仅在我国的广西、广东、台湾、香港、福建和海南 6 个省 (区) 有小面积的分布。该研究首次报道了位于海南东寨港的贝克喜盐草海草的分布、群落基本特征以及生境概况。结果表明: 与国内其它地区的贝克喜盐草相比, 调查期间东寨港的贝克喜盐草面积较大, 为 15.4 hm^2 ; 密度适中, 为 $(10\,394 \pm 576) \text{ 茎} \cdot \text{m}^{-2}$; 覆盖度较低, 为 $\sim 5\%$; 生物量较低, 总生物量仅 $(9.224 \pm 1.151) \text{ gDW} \cdot \text{m}^{-2}$, 地上生物量为 $(2.339 \pm 0.245) \text{ gDW} \cdot \text{m}^{-2}$, 地下为 $(6.886 \pm 1.055) \text{ gDW} \cdot \text{m}^{-2}$, 地上与地下生物量之比较低 (0.34); 叶片较小, 叶长为 $(4.83 \pm 0.87) \text{ mm}$, 叶宽为 $(1.44 \pm 0.21) \text{ mm}$, 调查时在植物体上未发现有花或果, 但在沉积物中发现有一定数量的贝克喜盐草种子 $(2\,105 \pm 664) \text{ 粒} \cdot \text{m}^{-2}$ 。该研究区的海水受到一定程度的水体污染。建议海南东寨港国家级自然保护区在今后的管理工作中, 应把海草也作为重点保护对象。

关键词: 海草生物地理学, 东寨港红树林, 海草保护, IUCN, 土壤种子库

中图分类号: Q948.885.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2016)07-0882-08

Distribution and community characteristics of threatened seagrass *Halophila beccarii* in Dongzhai Harbor, Hainan

QIU Guang-Long^{1,2,3}, SU Zhi-Nan^{1,3}, ZHONG Cai-Rong⁴, FAN Hang-Qing^{1,3*}

(1. Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai 536000, China; 2. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 3. Forestry College, Guangxi University, Nanning 530004, China; 4. Management Bureau of Dongzhai National Natural Reserve, Haikou 571129, China)

Abstract: Recent mangrove surveys have discovered a seagrass bed of *Halophila beccarii* within Dongzhai National Natural Reserve, Hainan that have not previously been reported. The distribution, basic biological traits of the seagrass bed and associated habitat (sediment and sea water) were studied in the paper. *H. beccarii* is among one of the ten

收稿日期: 2014-12-23 修回日期:

基金项目: 广西“红树林和海草系统保育与生态监测”特聘专家岗位基金; 广西红树林保护与利用重点实验室系统性课题 (GKLMC-14A02); 广西青年科学基金 (2012GXNSFBA053141); 北部湾经济区优秀中青年专业技术人才培养工程 (2014-2015) [Supported by Guangxi Distinguished Experts Post; Guangxi Mangrove Conservation & Utilization Key Lab (GKLMC-14A02); Guangxi Science Foundation (2012GXNSFBA053141); Outstanding Middle-young Aged Professional and Technical Talents Training Project of the Beibu Gulf Economic Zone (2014-2015)]。

作者简介: 邱广龙 (1978-), 男, 广东廉江人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事海草与红树林生态学研究, (E-mail) qalong@163.com。

* **通讯作者:** 范航清, 博士, 研究员, 主要从事滨海湿地 (红树林、海草、滨海盐沼等) 生态学的研究, (E-mail) fanhq666@126.com。

seagrass species which are at elevated risk of extinction in the world, and it was listed as ‘Vulnerable’ by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) under criterion B2. It is generally hard to be found in the field due to its very tiny leaves and its shoots are easily buried by sediment. In addition, this species has a very narrow, restricted depth range right at the intertidal zone (usually mud flat or seaward mangrove areas), where is submersed tidally every day. Moreover, rapid population turnover and low awareness of seagrass do not facilitate the discovery of this species in China. Until today, very limited *H. beccarii* resources have been reported along the coast of Fujian, Taiwan, Guangdong, Hong Kong, Guangxi and Hainan, with an estimation of total area of less than 200 hm² in China. In this study, we used a hand-hold GPS to map the extent of seagrass distribution in the study area. Besides, we sampled seagrass plants, associated sediment and seawater for analysis in the lab. Compared with other *H. beccarii* sites in China, the area in Dongzhaigang was relative big, with a total area of 15.4 hm² and intermediate density of $(10\,394 \pm 576)$ shoots · m⁻², ranking the second largest *H. beccarii* bed in China according the published data. However, the biomass (9.225 ± 1.151) gDW · m⁻² and percent coverage $(5.0\% \pm 1.1\%)$ at this site was very low partly due to its pretty small leaf [leaf length: (4.83 ± 0.87) mm; leaf width: (1.44 ± 0.21) mm]. The ratio of above- to below-ground biomass was also very low (0.34), with (2.339 ± 0.245) gDW · m⁻² of above-ground biomass and (6.886 ± 1.055) gDW · m⁻² of below-ground biomass. No flower and fruit of the plant was found during our survey, but an intermediate density $(2\,105 \pm 664)$ seeds · m⁻² of seeds in the sediment was found. The organic carbon content and bulk density of sediment in the study area was $(2.08 \pm 0.13)\%$ [0–10 cm: $(2.42 \pm 0.03)\%$; 10–20 cm: $(2.17 \pm 0.03)\%$; 20–30 cm: $(1.65 \pm 0.20)\%$ and (0.98 ± 0.01) g · cm⁻³. 0–10 cm: (0.93 ± 0.01) g · cm⁻³; 10–20 cm: (0.97 ± 0.01) g · cm⁻³; 20–30 cm: (1.02 ± 0.02) g · cm⁻³] respectively. In addition, $(6.67 \pm 0.24)\%$ of salinity, (7.33 ± 0.03) of pH, (-1.53 ± 1.85) mV of oxidation reduction potential (ORP) and (6.65 ± 0.31) mg · L⁻¹ of dissolved oxygen (DO) of overlying water in the study area was measured in situ. On the other hand, (1.90 ± 0.03) mg · L⁻¹ of total nitrogen content (TN), (0.13 ± 0.01) mg · L⁻¹ of total phosphorus content (TP) and (5.89 ± 0.06) mg · L⁻¹ of organic carbon content (C_{org}) of sampled-seawater during high tide in the study area was detected in the lab. A certain level of pollution in sea water of the site was demonstrated, which was consistent with the previous research in the same study area. We suggest that the seagrass plants and their associated habitats should also be listed in the key protection objects by the Management Bureau of Dongzhaigang National Natural Reserve besides mangrove ecosystem.

Key words: seagrass biogeography, Dongzhaigang mangrove, seagrass conservation, IUCN, seed bank

海草是生长于浅海环境的草本植物,由海草植物作为主要要素构成的海草床是地球生物圈中最富生产力、服务功能价值最高的生态系统之一,在维持近海生物多样性、海洋固碳、渔业生产、水质调节等方面具有重要作用(Hemminga et al, 2000; Orth et al, 2006; Short et al, 2006a)。海草也是陆海交界面环境健康与否的重要指示(Short et al, 2006a)。然而,由于滨海地区的快速发展以及全球气候变化的影响,全球海草床陷入了加速衰退的困境,位列全球衰退速度最快的生态系统之一(Waycott et al, 2009)。贝克喜盐草(*Halophila beccarii*)是当前全球10种面临灭绝风险的海草之一(Short et al, 2011),也是海草植物里最古老的两个世系之一,具有“活恐龙”之称,保护价值极高(Short et al, 2010)。目前,在我国所报道的贝克喜盐草面积非常小,全国总面积据估算不超过200 hm²,最大的贝克喜盐草海

草床面积仅21.4 hm²(邱广龙等, 2013)。杨宗岱等(1979, 1981)、Fong et al(2000)、柯智仁(2004)、黄小平等(2006, 2010)、范航清等(2007, 2011)、邱广龙等(2013)、熊卉等(2013)先后报道了贝克喜盐草在我国南海沿岸的分布状况。贝克喜盐草喜好泥质或泥沙质的潮间带生境,其生态位有部分与红树林重叠,因此常在红树林区发现贝克喜盐草的分布(Zakaria et al, 1999; Abu Hena et al, 2009, 2013; 邱广龙等, 2013; 熊卉等, 2013)。由于其所处的特殊生境及个体极纤小且易被沉积物覆盖,加之种群更新速率极快,导致很多分布点在野外调查时难以被发现。东寨港保护区是我国建立的第一个以红树林生态系统为主要保护对象的自然保护区,其红树林资源十分丰富,是我国首批列入《国际重要湿地名录》的7个湿地保护区之一。迄今为止,东寨港范围内尚未见任何海草分布的报道。

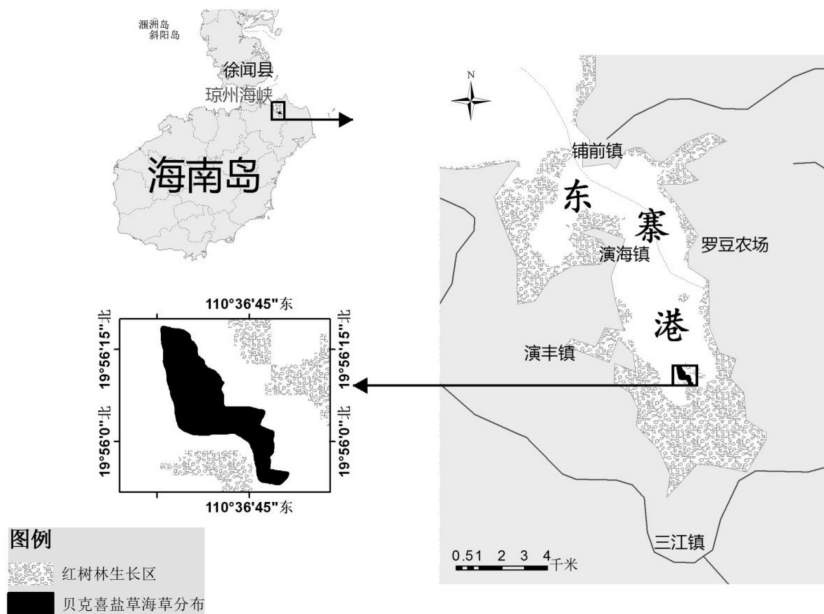


图 1 海南东寨港贝克喜盐草海草分布图

Fig. 1 Distribution map for *Halophila beccarii* population in Dongzhai Harbor, Hainan

1 研究区概况

所发现的贝克喜盐草分布点位于海南省海口市美兰区东寨港南部,即东寨港国家级自然保护区辖区内的三江红树林的外沿(图 1)。东寨港为热带季风区海洋性气候,年平均气温为 23.3~23.8℃;年平均相对湿度为 85%,年均降水量 1 676.4 mm,雨季平均始期为 5 月上旬,终期为 10 月下旬(廖宝文等, 2005)。潮汐类型为不规则的半日潮,平均潮差为 1.1 m(廖宝文等, 2005)。东寨港素有“一港四河、四河满绿”的说法,东面有演州河,南面有三江河(又称罗雅河),西面有演丰东河、西河,4 条河流汇入东寨港后流入大海。这些河流每年有 7 亿 m³ 的水量注入东寨港(韩淑梅, 2012)。在暴雨时节,四条河流所携带的大批泥沙在港内沉积形成宽广的潮间带(习龙, 2014)。广阔的潮间带为红树林、海草等滨海湿地植物的生长和发展提供了良好的场所。

2 研究方法

2.1 分布、面积与覆盖度

海草分布绕测方法:退潮后(2014 年 11 月 11 日),采用手持 GPS eTrex 20(台湾国际航电股份有

限公司,单点定位精度 3~5 m)围绕海草床的边界进行绕测,将绕测结果导入 ArcMap 10.0(美国 ESRI 公司)后输出海草分布图,并基于该系统平台计算出海草床的面积。海草覆盖率按 SeagrassNet 的方法进行估算确定(Short et al, 2006b)。

2.2 海草植物生物量、直立茎密度、繁殖器官数量特征以及沉积物(土壤)种子库

调查方法参考邱广龙等(2013),即在海草床以直径为 7 cm 的圆柱形采样器采集 10 个带沉积物的海草样品(采样点尽可能相对均匀分布于海草分布区)。以 50 目的标准筛筛洗后,将剩余沉积物中的海草植物与海草种子挑出,统计单位面积内贝克喜盐草的直立茎数量、花数量、果实数量以及沉积物中的种子数量。随机抽取 50 张完整叶片,分别以电子游标卡尺(精度为 0.01 mm)测量叶片的长度、宽度以及叶柄的长度。随后将海草样品用纯净水冲洗干净后分为地上部分(叶片、叶柄以及花果等繁殖器官)和地下部分(根状茎与根),以 50℃ 烘干至恒重,用精度为千分之一的电子天平称重。

2.3 环境因子

海洋沉积物状况:沉积物采样点布设与海草植物体采样点相同,用亚克力材料制作的圆筒(内径直径为 7 cm)垂直于水平面采集 0~30 cm 层的沉积物,按 10 cm 间隔将柱状沉积物纵向剖开成 3 份,分

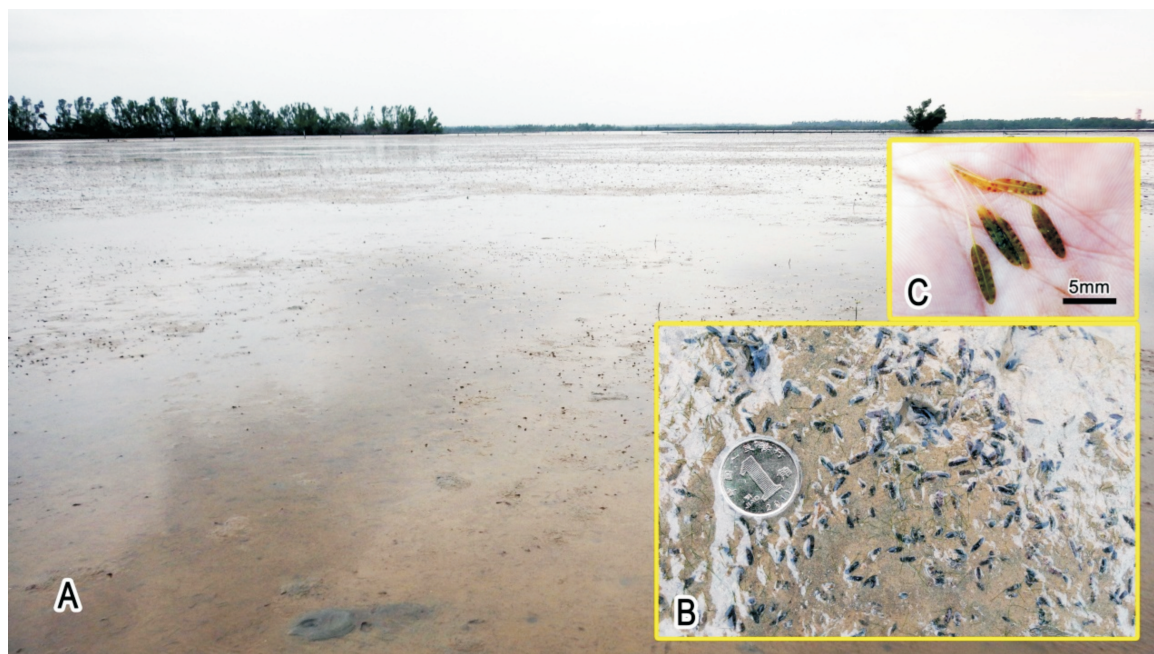


图 2 海南东寨港贝克喜盐草生境及其非常细小的叶片 A. 贝克喜盐草生境; B. 非常细小的海草叶片(可参看图 2; B 中摆放的一角钱硬币的大小); C. 贝克喜盐草叶簇, 共有 6 张叶片。照片均拍摄于 2014 年 11 月 11 日。

Fig. 2 Landscape view for *H. beccarii* habitat and its tiny blade in Dongzhai Harbor, Hainan A. Showing the intertidal habitat where *H. beccarii* are growing in Dongzhaigang, Hainan; B. Sparsely growing of *H. beccarii* with tiny leaf, note a coin of Yi Jiao RMB was placed on the sediment for prompting scale; C. Leaves are arranged in pseudo-whorls of 6 elliptical leaf blades. All photos were taken on 11st November, 2014.

别为 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm, 迅速转移至聚氯乙烯袋中, 用橡皮筋扎紧袋口, 装箱保存于阴凉处, 采样完毕后立即运回实验室, 测定沉积物容重和沉积物有机碳。沉积物容重测定方法采用环刀法(中华人民共和国农业部, 2006), 沉积物有机碳分析方法为重铬酸钾-氧化还原容量法(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2007b)。

海水水质: 在各个海草样品采集点周围的 5m 半径范围内, 分别以 H160 pH 计(美国哈希 HACH 公司)测试残留于海草沉积物表面滩涂水的 pH 和和氧化还原电位, 并用 AZ8371 笔式数显盐度计(台湾衡欣科技股份有限公司)测试海水的盐度。高潮期, 乘坐船只在海草分布区以 JPB-607A 型便携式溶解氧分析仪(上海仪电科学仪器股份有限公司)原位测试表层海水的溶解氧, 并采集表层海水, 用 0.45 μm 纤维滤膜过滤, 冷藏保存, 24 h 内运至实验室, 进行海水总 N、总 P、总有机碳与悬浮物的分析(中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局等, 2007a)。

测量数据以平均值 $\pm$ 标准误(Mean $\pm$ SE)形式来表示。

3 结果与讨论

3.1 海草的群落特性

3.1.1 海草的分布、面积与覆盖率 GPS 绕测结果显示, 东寨港的贝克喜盐草海草生长分布于三江红树林外沿的滩涂(图 1), 生长稀疏且叶片小, 覆盖度仅为 $(5.0 \pm 1.1)\%$, 少量贝克喜盐草海草生长在牡蛎养殖区以及近年种植的人工红树林林内。海草床正南方约 1 km 处有一个较大的排水闸门, 陆域的养殖废水从此闸门排出。海草床面积总计 15.4 hm^2 , 与国内其它所报道的贝克喜盐草分布点相比, 其面积仅次于广西防城港市珍珠湾交东(21.4 hm^2)(邱广龙等, 2013), 大于广西钦州市茅尾海纸宝岭(10.7 hm^2)和北海市山口丹兜那交河(10.7 hm^2)(范航清等, 2011), 香港元朗区的下白泥(4 hm^2)(Fong, 2000), 广东湛江的东海岛(9 hm^2)(黄小平等, 2006)、珠海唐家湾(7.6 hm^2)(黄小平等, 2010)和湛江高桥(2.5 hm^2)(熊卉等, 2013)等地的贝克喜盐草草床。海南澄迈县的花场湾曾记录有贝克喜盐草的分布(王道儒等, 2012), 但具体面积不详。本

文所记录位于东寨港的贝克喜盐草海草床为海南省范围内报道的第二个贝克喜盐草分布区。

3.1.2 海草的叶片形态特征 贝克喜盐草是世界上叶片形态最小的海草之一,叶片长度通常为 6~10 mm(中国科学院中国植物志编辑委员会, 1992; Fakhruddin et al, 2013; 熊卉等, 2013)。采集于研究区的叶片形态测量结果表明,叶宽仅(1.44 ± 0.03) mm,叶长仅(4.83 ± 0.12) mm,叶柄长为(7.27 ± 0.36) mm(Duarte, 1991)。由此可见,研究区的贝克喜盐草叶片长度比一般情况下所报道的贝克喜盐草叶片长度(6~10 mm)还要小(中国科学院中国植物志编辑委员会, 1992; 柯智仁, 2004; Fakhruddin et al, 2013; 熊卉等, 2013)。正因为贝克喜盐草形态极小、生境的特殊性以及普通公众对海草认知的严重缺乏,加之其植株易被沉积物掩埋,导致了贝克喜盐草在很多情况下难以被发现。

3.1.3 海草生物量、直立茎密度、繁殖器官数量特征以及沉积物种子库 尽管研究区的贝克喜盐草生长密度适中,为($10\,394 \pm 576$) 茎 $\cdot$ m⁻²,但由于叶片普遍偏小,因此覆盖率与生物量都较低。平均覆盖率约 5%,地上生物量为(2.339 ± 0.245) gDW $\cdot$ m⁻²,地下为(6.886 ± 1.055) gDW $\cdot$ m⁻²,总生物量为(9.225 ± 1.151) gDW $\cdot$ m⁻²,地上与地下生物量之比为 0.34。调查期间未发现有任何的花、果等繁殖器官。贝克喜盐草在我国广西防城港珍珠湾(21° N)的果实发育高峰期为 10 月份(邱广龙等, 2013),而生长于接近赤道的马来西亚吉兰丹(6° N)的果实发育高峰期则为 7 月份(Zakaria et al, 2002),可推测东寨港(19°N)贝克喜盐草的果实发育高峰期应在 8~9 月份。

与国内其它地方所报道的贝克喜盐草种群相比(表 1),调查期间东寨港的贝克喜盐草覆盖率最低,生物量最低,地上与地下生物量之比值也是最低(表 1)。但从直立茎密度来看,东寨港的贝克喜盐草可达到($10\,394 \pm 576$) 茎 $\cdot$ m⁻²,在国内各贝克喜盐草种群中处于中等密度程度(表 1)。

经过对海草样品沉积物中的种子库分析,可知该区域内沉积物中的种子密度可达($2\,105 \pm 664$) 粒 $\cdot$ m⁻²。此密度值也接近广西珍珠湾交东贝克喜盐草种群发育后期的土壤种子库密度值($2\,728$ 粒 $\cdot$ m⁻²)(邱广龙等, 2013)。

邱广龙等(2013)曾建议以地上/地下生物量比值来判断贝克喜盐草种群所处的发育阶段,比值越

小,说明贝克喜盐草种群发育衰老程度越大。结合该阶段调查的土壤种子库的密度值[($2\,105 \pm 664$) 粒 $\cdot$ m⁻²]以及较低的地上/地下生物量比值(0.34),推测该种群可能处于种群发育的后期(衰败期)。但沉积物中的种子库对该贝克喜盐草种群的更新应能起到积极作用。

3.2 海草生境的沉积物和海水环境现状

3.2.1 沉积物环境 东寨港海草床内的沉积物有机碳含量为(2.08 ± 0.13) % [其中 0~10 cm 含量为(2.42 ± 0.03) %, 10~20 cm 含量为(2.17 ± 0.03) %, 20~30 cm 含量为(1.65 ± 0.20) %],此值略高于人工恢复 10 a 后的海草沉积物有机碳含量值(1.94%)(Greiner et al, 2013)以及全球海草床表层沉积物中有机碳平均值[(2.0 ± 0.02) %, n = 3 581](Fourqurean et al, 2012)。研究区表层沉积物容重为(0.98 ± 0.01) g $\cdot$ cm⁻³ [其中 0~10cm 为(0.93 ± 0.01) g $\cdot$ cm⁻³, 10~20 cm 为(0.97 ± 0.01) g $\cdot$ cm⁻³, 20~30 cm 为(1.02 ± 0.02) g $\cdot$ cm⁻³],与大多数的海草沉积物容重相当(约为 1 g $\cdot$ cm⁻³)(Romero et al, 1994; Mateo et al, 1997)。

3.2.2 海水环境 滩涂残留的海水原位测试结果显示,调查期间研究区的滩涂表面残留水盐度较低,仅(6.67 ± 0.24)‰,远低于中国南海表层海水的平均盐度(33.97‰~34.09‰)(刘金灿和杨陈王, 1990)以及一般贝克喜盐草生境的海水盐度(16‰~35‰)(Abu Hena & Short, 2009)。盐度偏低的主要原因在于研究区周边由于有三江河(罗雅河)的淡水流入。贝克喜盐草对盐度有非常广(0~45‰)的耐受性,即使在纯淡水环境下(盐度为 0)也可至少存活 10 个月(Fakhruddin et al, 2013)。然而,当受到盐胁迫时(盐度过低或过高时),贝克喜盐草的叶片会变得更短更窄,通常在盐度为 20‰~25‰有最长最宽的叶片(Fakhruddin et al, 2013)。研究区的海水盐度如此之低,仅(6.67 ± 0.24)‰,可能是东寨港贝克喜盐草叶片形态较小的部分原因(需进一步的研究证实)。滩涂水的 pH 为 7.33 ± 0.03 ,显弱碱性;氧化还原电位为(-1.53 ± 1.85) mV;溶解氧为(6.65 ± 0.31) mg $\cdot$ L⁻¹。调查期间水温为 24.6~25.9 °C。相关环境因子未见对海草生长产生较大负面影响的数值。

高潮期海水分析结果显示,海草床的海水总氮含量为(1.90 ± 0.03) mg $\cdot$ L⁻¹,总磷含量为(0.13 ± 0.01) mg $\cdot$ L⁻¹,有机碳含量为(5.89 ± 0.06) mg $\cdot$ L⁻¹,

表 1 海南东寨港贝喜盐草种群基本特性与其它地区的比较

Table 1 Comparisons of basic traits of *Halophila beccarii* population in Dongzhai Harbor, Hainan with other sites

地点 Site	纬度 Latitude	调查时间 Survey date	面积 Area (hm ²)	覆盖度 Cover rate (%)	密度 Shoot density (shoots · m ⁻²)	总生物量 Total biomass (gDW · m ⁻²)	地上/地下 生物量比值 Above : below biomass	土壤种子库 Seed bank (seeds · m ⁻²)	参考文献 Reference
海南海口东寨港 Dongzhai Harbor, Hainan, China	19°56′ N	Aug-Nov 2014	15.4	5	10 394 ± 576 (Mean ± SE)	9.225 ± 1.151 (Mean ± SE)	0.34 (Mean)	2 105 ± 664 (Mean ± SE)	本研究 This study
台湾省嘉义县白水湖 Baisuehu, Chiayi, Taiwan, China	23°21′ N	2004 (月份不详) (Month not specified)	—	—	—	—	—	—	柯智仁, 2004 Ko, 2004
香港元朗区下白泥 Ha Pak Nai, Yuen Long, Hong-kong, China	22°31′ N	2000 (月份不详) (Month not specified)	4	—	—	—	—	—	Fong, 2000
广东珠海唐家湾 Tangjia Bay, Zhuhai, Guangdong, China	22° N	Aug-Oct 2008	7.6	53.33	9 523.81	34.52	—	—	黄小平等, 2010 Huang et al, 2010
广西钦州茅尾海纸宝岭 Zhibao ling, Qinzhou, Guangxi, China	21°49′ N	Dec 2008	10.7	35	9 550	18.30	1.7	—	范航清等, 2011 Fan et al, 2011
广东湛江高桥 Gaoqiao, Zhanjiang, Guangdong, China	21°33′ N	Apr, Oct 2012	2.5	8~15	—	—	—	—	熊卉等, 2013 Xiong et al, 2013
广东湛江东海岛 Donghai Island, Zhanjiang, Guangdong, China	—	Sept-Oct 2002; Jul 2003	9	—	—	—	—	—	黄小平等, 2006 Huang et al, 2006
广西防城港珍珠湾 Pearl Bay, Fangcheng Harbor, Guangxi, China	21°35′~ 21°36′ N	Apr 2012~ Apr 2013	0.8~ 21.4 *	1~ 55 *	4 876~ 21 602 *	11.092~ 70.583 *	0.53~ 1.95 *	2 728~ 5 748 *	邱广龙等, 2013 Qiu et al, 2013
广西北海山口丹兜 那交河 Dandou Najiao River, Shankou, Beihai, Guangxi, China	21°34′ N	Jan 2009	10.7	15	—	—	—	—	范航清等, 2011 Fan et al, 2011
孟加拉库克斯巴扎 巴卡利河 Bakkhali Estuary, Cox's Bazar, Bangladesh	20°46′~ 20°85′ N	Jan-Jun 2006	—	—	6 570 (2 716~14 320)	4.43~17.56	—	—	Abu Hena et al, 2007
印度古德洛尔 Cuddalore, India	11°44′ N	Mar 1987	—	—	5 872	25.5	3.54	—	Parthasarathy et al, 1988
印度波多诺伏 Porto Novo, India	11°30′ N	Mar 1987	—	—	6 152	20.5	1.77	—	Parthasarathy et al, 1988
印度皮恰瓦兰 Pichavaram, India	11°26′ N	Mar 1987	—	—	3 952	19.8	1.30	—	Parthasarathy et al, 1988
印度杜蒂戈林 Tuticorin, India	8°46′ N	Feb 1987	—	—	3 632	6.2	2.26	—	Parthasarathy & Chansang, 1988
泰国安达曼海瑶亚岛 Yaoyai Island, Andaman Sea, Thailand	8° N	—	—	40	—	13.67	0.667	—	Poovachiranon et al, 1994

注：“—”表示缺乏相关数据。* . 由于该研究的调查值是一年中不同时期的调查值,此值为调查过程中各阶段的最小值与最大值。
Note: “—” data are absent; *. The minimum value to maximum value over the monitoring period in a year.

可能是该区域靠近养殖区排水闸门,受到了一定程度的水体污染。往年的监测结果(2004–2008年)也表明东寨港海水曾出现过富营养化和有机污染的现象(李鹏山等,2010)。但从海水悬浮物含量值 $[(1.5 \pm 0.0) \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}]$ 来看,处于较低的水平。

4 结论

海南东寨港首次记录的海草种类为世界范围内处于濒危状况的贝克喜盐草,已被IUCN列为易危(VL)种,是当前全球面临灭绝风险的10种海草之一,保护价值极高。由于其面积相对较大(在当前国内所报道的贝克喜盐草海草床面积中位列第二),生长环境脆弱(受一定程度的水体污染),建议海南东寨港国家级自然保护区在今后的管理工作中把海草也作为重点保护对象,并加强相关的保护管理措施。东寨港贝克喜盐草的生长与生境环境因子的相互关系(例如海草床面积、覆盖度、海草叶片形态特征等主要受何环境因子影响最大),以及土壤种子库在东寨港贝克喜盐草种群更新中的生态学意义值得进一步探讨。

致谢 感谢海南东寨港国家级自然保护区管理局三江工作站林江站长在野外调查时提供的便利以及广西师范学院黄灵玉在室内样品分析时提供的帮助。

参考文献:

- ABU HENA MK, JAPAR SIDIK B, AYSHA A, et al, 2013. Estuarine macrophytes at Bakkhali, Cox's Bazar, Bangladesh with reference to mangrove diversity [J]. CMU J Nat Sci, 40(4): 556–563.
- ABU HENA MK, SHORT F, 2009. A new record of seagrass *Halophila beccarii* Ascherson in Bangladesh [J]. CMU J Nat Sci, 8(2): 201–206.
- ABU HENA MK, SHORT F, SHARIFUZZAMAN S, et al, 2007. Salt marsh and seagrass communities of Bakkhali Estuary, Cox's Bazar, Bangladesh [J]. Estuar Coast Shelf S, 75(1–2): 72–78.
- DUARTE CM, 1991. Allometric scaling of seagrass form and productivity [J]. Mar Ecol-Prog Ser, 77(2–3): 289–300.
- FAKHRULDDIN IM, SIDIK BJ, HARAH ZM, 2013. *Halophila beccarii* Aschers (Hydrocharitaceae) responses to different salinity gradient [J]. J Fish Aquat Sci, 8(3): 462–471.
- FAN HQ, PENG S, SHI YJ, et al, 2007. The situations of seagrass resources and researches along Guangxi coasts of Beibu Gulf [J]. Guangxi Sci, 14(3): 289–295. [范航清, 彭胜, 石雅君, 等, 2007. 广西北部湾沿海海草资源与研究状况 [J]. 广西科学, 14(3): 289–295.]
- FAN HQ, QIU GL, SHI YJ, et al, 2011. Studies on physiological ecology of seagrasses in Subtropical China [M]. Beijing: Science Press. [范航清, 邱广龙, 石雅君, 等, 2011. 中国亚热带海草生理生态学研究 [M]. 北京: 科学出版社.]
- FLORA OF CHINA EDITORIAL COMMITTEE, 1992. Flora of China (Vol. 8) [M]. Beijing: Science Press. [中国植物志编辑委员会, 1992. 中国植物志(第8卷) [M]. 北京: 科学出版社.]
- FONG TCW, LEE SY, WU RSS, 2000. Problems and prospects of seagrass conservation and management in Hong Kong and China [C]. // Proceedings of the international symposium on protection and management of coastal marine ecosystems, Bangkok, Thailand; 250–254.
- FOURQUREAN JW, DUARTE CM, KENNEDY H, et al, 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock [J]. Nat Geosci, 5(7): 505–509.
- GREINER JT, MCGLATHERY KJ, GUNNELL J, et al, 2013. Seagrass restoration enhances "blue carbon" sequestration in coastal waters [J]. PloS ONE, 8: e72469.
- HAN SM, 2012. Study on landscape patterns dynamics and driving forces in mangrove wetlands of Dongzhai Harbor, Hainan Province [D]. Beijing: Beijing Forestry University. [韩淑梅, 2012. 海南东寨港红树林景观格局动态及其驱动力研究 [D]. 北京: 北京林业大学.]
- HEMMINGA MA, DUARTE CM, 2000. Seagrass ecology [M]. Cambridge: Cambridge University Press.
- HUANG XP, HUANG LM, LI YH, et al, 2006. Main seagrass beds and threats to their habitats in the coastal sea of South China [J]. Chin Bull Sci, 5(s2): 114–119. [黄小平, 黄良民, 李颖虹, 等, 2006. 华南沿海主要海草床及其生境威胁 [J]. 科学通报, 5(s2): 114–119.]
- HUANG XP, JIANG ZJ, ZHANG JP, et al, 2010. Newly discovered seagrass beds in the coastal seas of Guangdong Province [J]. J Trop Oceanol, 29(1): 132–135. [黄小平, 江志坚, 张景平, 等, 2010. 广东沿海新发现的海草床 [J]. 热带海洋学报, 29(1): 132–135.]
- KO CJ, 2004. A taxonomic and distributional study of seagrasses in Taiwan [D]. Kaohsiung: National Sun Yat-sen University. [柯智仁, 2004. 台湾海草分类与分布之研究 [D]. 高雄: 国立中山大学.]
- LI PS, XIE GZ, LI QX, et al, 2010. Analysis and evaluation of seawater quality status of Mangrove National Nature Reserve in Dongzhai Port [J]. Trans Oceanol Limn, (4): 53–60. [李鹏山, 谢跟踪, 李巧香, 等, 2010. 东寨港红树林国家级自然保护区海水水质状况分析与评价 [J]. 海洋湖沼通报, (4): 53–60.]
- LIAO BW, LI M, ZHENG SF, et al, 2005. Niches of several mangrove species in Dongzhai Harbor of Hainan Island [J]. Chin J Appl Ecol, 16(3): 403–407. [廖宝文, 李玫, 郑松发, 等, 2005. 海南岛东寨港几种红树植物种间生态位研究 [J]. 应用生态学报, 16(3): 403–407.]
- LIU JC, YANG CW, 1990. Characteristics of salinity distribution in surface sea water of the three oceans [J]. J Ocean Taiwan Strait, 9(1): 88–91. [刘金灿, 杨陈王, 1990. 三大洋表层海水盐度的分布特征 [J]. 台湾海峡, 9(1): 88–91.]
- MATEO MA, ROMERO J, PEREZ M, et al, 1997. Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* [J]. Estuar Coast Shelf S, 44(1): 103–110.
- ORTH RJ, CARRUTHERS TJB, DENNISON WC, et al, 2006. A

- global crisis for seagrass ecosystems [J]. Biosci, 56 (12): 987–996.
- PARTHASARATHY N, RAVIKUMAR K, RAMAMURTHY K, 1988. Floral biology and ecology of *Halophila beccarii* Aschers. (Hydrocharitaceae) [J]. Aquat Bot, 31 (1–2): 141–151.
- POOVACHIRANON S, CHANSANG H, 1994. Community structure and biomass of seagrass beds in the Andaman Sea. I. Mangrove-associated seagrass beds [J]. PMBC Res Bull, 59: 53–64.
- QIU GL, FAN HQ, LI ZS, et al, 2013. Population dynamics and seed banks of the threatened seagrass *Halophila beccarii* in Pearl Bay, Guangxi [J]. Acta Ecol Sin, 33(19): 6 163–6 172. [邱广龙, 范航清, 李宗善, 等, 2013. 濒危海草贝克喜盐草的种群动态及土壤种子库研究——以广西珍珠湾为例 [J]. 生态学报, 33(19): 6 163–6 172.]
- ROMERO J, PEREZ M, MATEO MA, et al, 1994. The below-ground organs of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* as a biogeochemical sink [J]. Aquat Bot, 47(1): 13–19.
- SHORT FT, COLES R, WAYCOTT M, et al, 2010. *Halophila beccarii*. The IUCN red list of threatened species. Version 2014.3. <www.iucnredlist.org>. Downloaded on 16 December 2014.
- SHORT FT, KOCH EW, CREED JC, et al, 2006a. Seagrass net monitoring across the Americas: case studies of seagrass decline [J]. Mar Ecol, 27(4): 277–289.
- SHORT FT, MCKENZIE LJ, COLES RG, et al, 2006b. Seagrassnet manual for scientific monitoring of seagrass habitat (Worldwide ed). New Hampshire: University of New Hampshire Publication.
- SHORT FT, POLIDORO B, LIVINGSTONE SR, et al, 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species [J]. Biol Conserv, 144(7): 1 961–1 971.
- THE MINISTRY OF AGRICULTURE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, 2006. Soil Testing Part 4: Method for determination of soil bulk density [S]. Beijing. [中华人民共和国农业部, 2006. 土壤检测 第 4 部分: 土壤容重的测定 [S]. 北京.]
- THE STATE ADMINISTRATION OF QUALITY SUPERVISION, INSPECTION AND QUARANTINE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, CHINA NATIONAL STANDARDIZATION MANAGEMENT COMMITTEE, 2007a. The specification for marine monitoring—Part 4: Seawater analysis [S]. Beijing. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2007a. 海洋监测规范 第 4 部分: 海水分析 [S]. 北京.]
- THE STATE ADMINISTRATION OF QUALITY SUPERVISION, INSPECTION AND QUARANTINE OF THE PEOPLE'S REPUBLIC OF CHINA, CHINA NATIONAL STANDARDIZATION MANAGEMENT COMMITTEE, 2007b. The specification for marine monitoring Part 5: Sediment analysis [S]. Beijing. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会, 2007b. 海洋监测规范 第 5 部分: 沉积物分析 [S]. 北京.]
- WANG DR, WU ZJ, CHEN CH, et al, 2012. Distribution of seagrass resources and existing threat in Hainan Island [J]. Mar Environ Sci, 31(1): 34–38. [王道儒, 吴钟解, 陈春华, 等, 2012. 海南岛海草资源分布现状及存在威胁 [J]. 海洋环境科学, 31(1): 34–38.]
- WAYCOTT M, DUARTE CM, CARRUTHERS TJB, et al, 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems [J]. PNAS, 106(30): 12 377–12 381.
- XI L, 2014. Study of groundwater hydrochemistry characteristics between the mangrove and bald beach transects in Dongzhaiang National Nature Reserve [D]. Beijing: China University of Geosciences. [习龙, 2014. 东寨港自然保护区红树林与光滩剖面地下水水化学特征分析 [D]. 北京: 中国地质大学.]
- XIONG H, PENG YS, CHEN YC, et al, 2013. New record of seagrass Bed in Zhanjiang Mangrove National Nature Reserve [J]. Wetland Sci & Manag, 9(2): 61–62. [熊卉, 彭逸生, 陈粤超, 等, 2013. 湛江红树林国家级自然保护区海草床分布点新记录 [J]. 湿地科学与管理, 9(2): 61–62.]
- YANG ZD, 1979. Research on geography of seagrass in China [J]. Trans Ocean Limn, (2): 41–46. [杨宗岱, 1979. 中国海草植物地理学的研究 [J]. 海洋湖沼通报, (2): 41–46.]
- YANG ZD, WU BL, 1981. Preliminary study on the distribution, productivity, structure and function of seagrass beds in China [J]. Acta Ecol Sin, 1(1): 84–89. [杨宗岱, 吴宝铃, 1981. 中国海草场的分布、生产力及其结构与功能的初步探讨 [J]. 生态学报, 1(1): 84–89.]
- ZAKARIA MH, BUJANG JS, ARSHAD A, 2002. Flowering, fruiting and seedling of annual *Halophila beccarii* Aschers in Peninsular Malaysia [J]. B Mar Sci, 71(3): 1 199–1 205.
- ZAKARIA MH, SIDIK BJ, HISHAMUDDIN O, 1999. Flowering, fruiting and seedling of *Halophila beccarii* Aschers. (Hydrocharitaceae) from Malaysia [J]. Aquat Bot, 65(1–4): 199–207.

(上接第 881 页 Continue from page 881)

- 牛香, 等, 2013. 武宁县、江山市和邵武市森林生态系统服务功能及其价值评估 [J]. 水土保持学报, 27(5): 249–254.]
- YU XX, LU SW, JIN F, et al, 2005. The assessment of the forest ecosystem services evaluation in China [J]. Acta Ecol Sin, 25(8): 2 096–2 102. [余新晓, 鲁绍伟, 靳芳, 等, 2005. 中国森林生态系统

- 统服务功能价值评估 [J]. 生态学报, 25(8): 2 096–2 102.]
- ZHAO JL, 2011. Study on ecological service function of eucalyptus plantation in Guangxi [D]. Nanning: Guangxi University: 8–34. [赵金龙, 2011. 广西桉树人工林的生态系统服务功能研究 [D]. 南宁: 广西大学: 8–34.]