

广西合浦榕根山小型海草床的群落演替及其保护和修复研究*

Community Succession and Preventive Countermeasures of Small Seagrass Bed in Ronggenshan of Hepu Guangxi

蓝文陆,黎明民,覃秋荣

LAN Wen-lu, LI Ming-min, QIN Qiu-rong

(广西海洋环境监测中心站,广西北海 536000)

(Marine Environmental Monitoring Center of Guangxi, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要:2001~2011年现场调查和监测广西合浦沙田镇附近的榕根山海草床,研究小型海草床的群落演替及其保护和修复。结果发现,从2001年到2005年,榕根山海草床的面积从13.3 hm²增加到17.1 hm²,但是2006年以后海草床的面积开始减少,至2011年面积已减少到不足1 hm²。海草的群落也由矮大叶藻(*Zostera japonica*)单一优势种群落演替为贝壳喜盐草(*Halophila beccarii*)优势种群落,引起海草的盖度、生物量和茎节密度明显变化。榕根山海草床衰退主要是由于海水水质变化、互花米草(*Spartina alterniflora*)入侵,以及鸭子放养引起,保护和修复榕根山海草床要控制海草床周边互花米草扩散和整治岸边的畜禽养殖及污水排放,同时还要加强对海草床的监测和保护及修复研究,探索海草与互花米草的竞争机制及互花米草控制方法,为小型海草床的保护和修复提供理论和技术支持。

关键词:海草床 群落演替 衰退 保护 修复

中图法分类号:X55 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2013)02-0176-05

Abstract: As incidentally influenced by environmental change, community succession and decline occurred in small seagrass bed. Based on the data of investigations from 2001 to 2011, this research selected a small seagrass bed of Ronggenshan seagrass bed, which was near the Shatian town in Guangxi, to study community succession and its reasons in small seagrass bed. Seagrass area in Ronggenshan ranged from 13.3 hm² to 17.1 hm² from 2001 to 2005. However, it decreased from 2006, and was less than 2 hm² from 2009 to 2011. The community of the seagrass had changed, that is, *Halophila beccarii* took the place of *Zostera japonica* as the new dominated species. As a result, the coverage, biomass and branching density of seagrass had changed. In order to protect small seagrass bed, pertinence advices have been discussed for the Ronggenshan seagrass bed as well as for other seagrass beds to refer.

Key words: seagrass bed, community succession, recession, protect, countermeasures

海草床生态系统是热带和温带的重要海洋生态系统,对海岸带区域和近岸海域具有重要的生态作用^[1,2]。在广西沿海,发现的海草床主要分布在合浦海域、防城珍珠港和钦州湾^[3,4]。受自然环境变化和人为活动的影响,全球海草床退化明显^[5,6],广西海

草床在近几年受到较为剧烈的破坏,显现出明显的衰退现象^[7,8]。目前广西沿海几十至数百公顷连片分布的大型海草床较少,而20 hm²以下的小型海草床较多,而且有着重要地位,如钦州湾纸宝岭海草床虽然面积只有10 hm²左右,但是却是广西最好的贝壳喜盐草(*Halophila beccarii*)海草床^[6],在维护海湾的生态系统和景观多样性等方面有着重要意义。相对于大型海草床,这些小型海草床更容易受环境变化和人为干扰而发生演变及衰亡,目前对它们的演变过程

收稿日期:2012-09-18

修回日期:2013-02-18

作者简介:蓝文陆(1980-),男,博士,主要从事环境生态监测与研究。

* 广西科学研究与技术开发计划项目(桂科攻1140002-2-1)资助。

及保护和修复研究报道也很少。

榕根山海草床是广西合浦海域现存的 6 个海草床之一,位于沙田镇东南 3.5km 左右的潮间带滩涂。榕根山海草床虽然面积较小,但其是以矮大叶藻 (*Zostera japonica*) 和贝壳喜盐草混生的海草床群落,保护和研究地位比较高。贝壳喜盐草被 IUCN 红皮书列为渐危物种,在我国现存面积不大,主要分布在钦州湾、广东流沙湾、北海山口丹兜那交河口^[6,9]等海域,具有较高的保护价值,应作为重点保护对象^[6]。本文研究榕根山小型海草床的演变及保护和修复,为其它海草床的保护和修复提供示范和参考。

1 材料与方法

1.1 调查时间与数据来源

从 20 世纪 90 年代开始,广西合浦儒艮国家级自然保护区管理站对保护区及周边的海草床进行了长期调查监测,在 2001 年的调查中发现了榕根山海草床(中心坐标:东经 109°40.9' 北纬 21°29.7'),从此对其进行监测。从 2001 年至 2005 年,每年对海草床进行 1~2 次现场调查与监测;从 2006 年至 2011 年,每年分别在 3 月份、6~7 月份和 12 月份进行 3 次现场调查监测。

1.2 断面及采样站点布设

2001 年至 2006 年设置 3~4 个垂直于海岸带方向的断面,每个断面设置 3 个站位,每个站位 1 个样方。2007 年和 2010 年由于海草面积的减少,设置 1~3 个断面,每个断面设置 2~3 个站位,每个站位 1 个样方。断面和样方均在低潮位以上,于低潮时采样。调查期间记录所看到的海草床及周边环境现状以及人为干扰活动情况等。

1.3 现场采样与样品分析

海草床面积采用定位精度小于 7m、广域差分精度小于 3m 的 GPS 进行对边界绕测,并将数据导入 ArcGIS 软件系统进行计算。

样方采用 25cm×25cm 或 50cm×50cm 样方框圈定,先目测其盖度,再铲取样方表层厚度为 30cm 的海草及包含海草根系的沉积物,放入 2mm 孔径的钢筛中冲洗。将海草整体(包括地下根系)分离出来,将样方框内的所有海草的根、匍匐根、茎、叶全部采集放入塑料样品袋内,带回实验室处理。海水的温度、盐度、pH 值和溶解氧采用便携式多参数仪测量。

清洗后根据海草种类进行分选,记录样方中的不同种类海草的地下部分茎节点数量,再除以样方面积,计算每种海草的密度及所有海草的总密度(茎节

数个/米²)。吸干海草表面的水分后在 80℃ 下烘干至样品完全干燥。用电子天平称量样品重量,除以样方面积得到单位面积干重生物量(单位为 g/m²)。海草床各海草种类的盖度、生物量和茎节密度采用各样方的算术平均值。

2 结果和分析

2.1 周围环境概况

榕根山海草床为 2001 年 4 月调查时发现,位于沙田镇东南 3.5km 左右榕根山榄脚下曹屋村南面的潮间带。榕根山滩涂主要为泥沙质,底质较硬。海草床所在海区水温变化范围为 18.0~30.5℃,盐度变化范围为 25.2~30.4,pH 值变化范围为 8.05~8.27,溶解氧浓度为 7.6~9.0mg/L。海草床位置距岸 50~100m,低潮时完全裸露于滩涂之上。海草床周边有约 2.7 hm² 红树林,红树林主要位于海草床靠岸方向。海草床周边还有斑块分布的互花米草 (*Spartina alterniflora*) 丛。红树林、海草床及互花米草的边界往往重叠交错。

榕根山海草床距岸较近,而且处在红树林及互花米草之间,调查期间较少看到挖螺等人为活动。近几年,在距海草床 500m 左右建有养鸭场,鸭子放养于滩涂上。

2.2 海草床面积及海草种类变化

2001 年调查时,榕根山海草床面积为 13.33 hm²。到 2002 年夏季,该海草床面积扩展到 17.1 hm²,达到近 10 年来榕根山海草床的最大面积,2003 年夏季其面积也与 2002 年接近,到 2006 年海草床面积仍保持在 15.70 hm²。但是从 2006 年开始,榕根山海草床面积开始急剧减少(图 1)。从夏季海草床面积的变化来看,2006 年后榕根山海草床面积急剧减少,虽然 2008 年海草床面积有所回升,但是此后夏季海草床面积从原来的十几公顷减少到几公顷。冬季榕根山海草床的面积变化也清楚表现出从 2006 年后面积急剧减少的变化特征,2008 年后榕根山海草床面积保持在 2 hm² 左右(图 1),到 2011 年减少到不足 1 hm²。

从 2001 年到 2008 年,榕根山海草床一直以矮大叶藻为单一优势种,而从 2009 年以后,矮大叶藻面积急剧减少后,贝壳喜盐草开始成片分布,进而成为了榕根山海草床的绝对优势种。到 2010 年,榕根山海草床中的矮大叶藻只有稀稀落落的零星分布,而且面积很少,总共有矮大叶藻的面积不过几平方米,矮大叶藻几乎在榕根山海草床中消失。

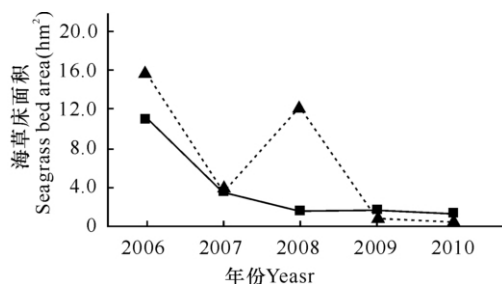


图1 2006~2010年夏季和冬季榕根山海草床面积的年际变化

Fig. 1 Variation of Ronggenshan seagrass bed area during summer and winter from 2006 to 2010

.....▲.....: 夏季; ■.....: 冬季。.....▲.....: Summer; ■.....: Winter.

2.3 矮大叶藻的变化

2001年调查刚发现榕根山海草床的时候,该草床海草种类为矮大叶藻,海草成片生长,盖度高于50%。图2结果显示,2006~2009年,夏季矮大叶藻的盖度变化范围为10%~45%,除了2007年之外,海草盖度较高,而到2010年矮大叶藻数量极少,盖度几乎为0;冬季矮大叶藻的变化较小,除了2009年冬季盖度较高之外,冬季矮大叶藻盖度显示出从2006年后逐年降低的特征。

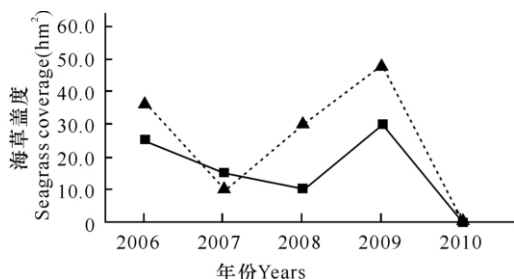


图2 2006~2010年夏季和冬季矮大叶藻覆盖度的年际变化

Fig. 2 Coverage variation of *Zostera japonica* population in the Ronggenshan seagrass bed during summer and winter from 2006 to 2010

.....▲.....: 夏季; ■.....: 冬季。.....▲.....: Summer; ■.....: Winter.

2006~2010年矮大叶藻茎枝密度的变化特征与盖度相似,但是夏季密度较低,而冬季较高(图3)。夏季矮大叶藻茎枝密度的变化较小,2006~2010年变化范围为0~2248 ind/m²,最高密度出现在2009年。冬季茎枝密度最高出现在2009年,达6016 ind/m²,而除此之外显现为从2006年到2010年逐渐降低的特征。

2001年调查刚发现榕根山海草床的时候,该草床海草矮大叶藻长势很好,绿油油成片生长,海草株高可达23cm,单位生物量为57g/m²(干重,下同),是

该海草床单位生物量的最高时期。此后夏季矮大叶藻的生物量有所降低,到2006~2007年只有10~20g/m²,而到2008年夏季矮大叶藻生物量有了较大回升(44.8g/m²),而此后生物量急剧降低(图4)。2006~2010年冬季矮大叶藻的生物量逐年降低,从2006年的20.9g/m²降低至2010年接近于0(图4)。

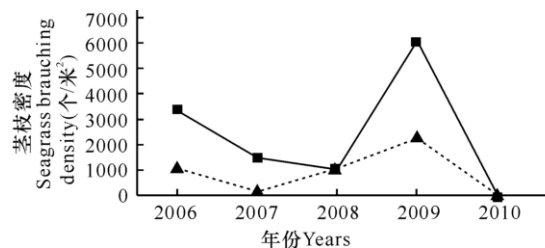


图3 2006~2010年夏季和冬季矮大叶藻茎枝密度的年际变化

Fig. 3 Variation of *Zostera japonica* branching density in the Ronggenshan seagrass bed during summer and winter from 2006 to 2010

.....▲.....: 夏季; ■.....: 冬季。.....▲.....: Summer; ■.....: Winter.

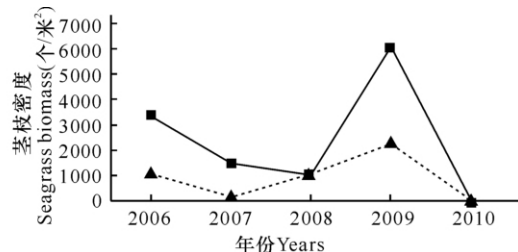


图4 2006~2010年夏季和冬季矮大叶藻生物量的年际变化

Fig. 4 Variation of *Zostera japonica* biomass in the Ronggenshan seagrass bed during summer and winter from 2006 to 2010

2.4 贝壳喜盐草的变化

从2002年调查时开始,发现在榕根山海草床中分布有少量的贝壳喜盐草,但是因其数量很少而没有进行单独监测。从2009年开始,随着矮大叶藻面积急剧减少,贝壳喜盐草开始成片地生长和分布,并成为了榕根山海草床的优势种,因而在近两年中我们加强了对贝壳喜盐草的调查与监测。

图5结果显示,近两年榕根山海草床贝壳喜盐草盖度的变化范围为10%~45%,12月和3月盖度较低,6~7月份盖度较高,夏季贝壳喜盐草盖度均达到40%以上。贝壳喜盐草单位生物量的变化与盖度变化相一致,冬季和春季生物量较低(3~5g/m²),而夏季具有较高的生物量,最高生物量为22.4g/m²(出现在2011年夏季),显示出明显的冬春低夏季高的特征。

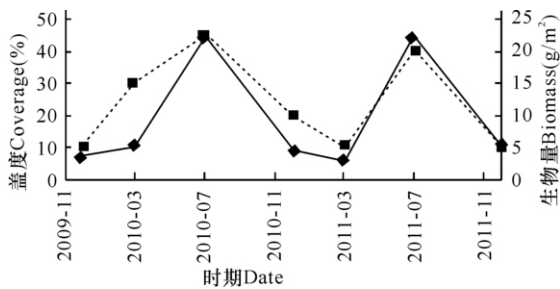


图5 2009~2011年贝壳喜盐草覆盖度和单位生物量的变化

Fig. 5 Variation of *Halophila beccarii* coverage and biomass in the Ronggenshan seagrass bed during summer and winter from 2006 to 2010

3 讨论

3.1 榕根山海草床的衰退及种类演替

近几十年来,全球的海草床均或多或少地发生面积减少、生物量和盖度降低等衰退现象^[5~8]。通过与历史资料及往年监测结果比较,合浦海草床也被报道发生了不同程度的衰退现象^[6~8],然而通过长期连续监测某一特定海草床来指示区域性海草的动态变化过程还没有公开报道。我们的研究采用2001年以来,尤其是2006年以来连续长期监测的结果,展示了榕根山海草床的动态演变过程,从一个侧面揭示出合浦海草床以及广西小型海草床在近10年的变化。

我们的研究结果显示近10年榕根山海草床面积缩减严重,近两年海草床面积只有2001年的10%左右。矮大叶藻的盖度、生物量、茎枝密度等在2008~2009年有所回升,但是总体上仍表现出降低的特征,尤其是近两年矮大叶藻在海草床中分布极少,其在榕根山海草床衰退明显。本文研究结果同时也显示出榕根山海草床的面积以及矮大叶藻的生物量等参数在某一年份间或年份之间有较大的波动(如2008年),表明海草床在一定条件下具有较好的恢复能力。但是从图1可以看出,海草床面积及生物量等参数能够有较大恢复的前提是前年这些参数仍保持在一定的数量,即具备快速恢复的基础和能力。至2010年,海草床面积减少到很低的程度,矮大叶藻的生物量等也接近于0,榕根山矮大叶藻快速恢复的基础及能力很低,在这种条件下矮大叶藻已经严重衰退,难以在较短时间内快速恢复。我们在2011年的监测中也没有在榕根山海草床发现矮大叶藻大面积斑块,证明矮大叶藻明显衰退。

2002年中科院南海所在榕根山海草床记录了贝壳喜盐草^[3],之后贝壳喜盐草在北部湾其它海草床陆续被发现^[6,9]。贝壳喜盐草物种多样性方面具有很

高的保护价值^[6],但是2008年以前其在榕根山海草床中的分布很少,而到近两年贝壳喜盐草在榕根山海草床开始成片分布,其盖度和生物量高于钦州湾及广东流沙湾^[6,9]。经过几年的发展,榕根山贝壳喜盐草在2009~2011年比较稳定(图5),这表明榕根山海草床已由原来的矮大叶藻单一优势群落演替为贝壳喜盐草单一优势群落。

虽然贝壳喜盐草在物种多样性方面具有较高的保护价值,但是其较小叶片和较矮的株高及较短的根系,使其对景观生态、稳定海床、净化水质、为大型海洋动物提供食物以及为小型动物提供栖息和躲避敌害等方面的功能相对较小。相对于贝壳喜盐草,矮大叶藻可以达到很高的盖度、株高和生物量^[10]。我们的监测结果也表明榕根山海草床中矮大叶藻的最高生物量(57g/m²)明显高于贝壳喜盐草的最高生物量(22.4g/m²)。因而榕根山海草床从矮大叶藻演替为贝壳喜盐草,从某种意义上来说,也表明整个海草床的衰退现象。

3.2 榕根山海草床衰退的主要原因

随着学术领域以及公众对北部湾海草床衰退和受破坏关注度的不断提升,近几年来有不少学者开始分析合浦海草床衰退的原因^[4~8]。范航清等^[6]指出海草床衰退的原因包括自然因素和人为因素。自然因素包括气候变化、台风、风暴潮、火山地震等自然灾害;人为因素对海草的破坏主要是当地居民到滩涂上挖沙虫、挖泥虫、挖螺、耙螺、电鱼虾、围海养殖、围网捕鱼、围网养殖、插桩养牦和底拖网等生产作业,以及在岸边进行禽畜养殖等对近岸滩涂上海草的啃食、践踏以及污染等。

广西海草床跨越地域范围较广,各海草床的环境差别较大,因而各海草床所受到的胁迫因子也不同。榕根山海草床离岸很近,而且周围有红树林和互花米草分布,因而受西南风浪潮的影响不大。也因有了这些防护,我们在最近几年的调查中也很少发现当地居民到榕根山海草床上挖沙虫、挖泥虫、挖螺、耙螺、电鱼虾、围海养殖、围网捕鱼、围网养殖、插桩养牦和底拖网等生产作业,因而榕根山海草床与合浦其它海草床的受破坏威胁原因不同。根据我们的调查,我们认为榕根山海草床衰退的原因主要有以下几点。首先,合浦海草床及其它海草床在近10年中也出现了较明显的衰退现象,这些共性很可能暗示全球气候变化或整个铁山港海区水质环境的变化在其中发挥着一定的作用。根据铁山港海水监测的结果,海水悬浮物2005年平均浓度为3.5mg/L,到2009年增加至7.6mg/L,增加了一倍。铁山港海区的营养盐浓度在

2006~2008年期间明显增加,无机氮浓度从2004~2005年期间小于 $5.0\mu\text{mol/L}$ 增加到 $10\sim 30\mu\text{mol/L}$,磷酸盐浓度从2004~2005年期间 $0.05\sim 0.20\mu\text{mol/L}$ 增加到 $0.10\sim 0.50\mu\text{mol/L}$ ^[11],导致部分河口及近岸海区富营养化的现象。水体富营养化导致大型海藻的爆发性增长,甚至引起“绿潮”。在2008~2010年的调查中我们发现合浦海草床及附近大型海藻形成了局部绿潮,其主要发生在11月至3月期间,密集的大型海藻覆盖了水体以及水体悬浮物浓度的增加阻碍了海草的光合作用和生长。这个时间段正好是矮大叶藻的生长期,而贝壳喜盐草的生长期主要是在3月至7月(图5),很可能因此而导致了榕根山海草床群落的种类演替。其次,近年来互花米草在榕根山海草床上快速繁殖,其不仅抢占了海草床的生境,还改变了榕根山海草床生境使其不适合海草生长。由于互花米草的入侵,其对海草竞争生境及对滩涂侵占,海草的适宜生长滩涂面积受到了较大压缩。受互花米草引起海草衰退其中的一个典型例子是位于榕根山海草床西北的淡水口海草床的衰退,该草场位于淡水口海脚村附近海域,由于互花米草的蔓延,该海草床在近5年的调查中已经没有发现海草。而榕根山海草床现在的处境也与当时的淡水口海草床处境相似,2005年以前,榕根山海草床上的互花米草的草斑面积 $<0.1\text{hm}^2$,到2011年其面积扩张到接近 1.0hm^2 ,增长近10倍。而且这些互花米草斑块分散分布于原海草床中,使海草床零碎化,更容易衰退。最后,在我们的调查中还发现,在榕根山海草床的岸边,有养鸭和养猪等养殖活动,从2008年起养殖的鸭子每年数量达数千只。鸭子放养在海草床的滩涂上,对海草的啃食以及践踏等,以及由此而对水质及滩涂的影响,对海草产生较大的影响。长期的鸭子放养于海草床附近,很可能是榕根山海草床矮大叶藻衰亡的最主要和最直接的原因。

3.3 榕根山海草床的保护和修复对策

海草的生长与繁殖受多种因素的影响,而且从近10年榕根山海草床的变化也展示出其具有一定的抗干扰能力。范航清等^[6]认为自然的影响一般不是致命的,强烈的人为干扰对海草床造成的破坏往往是不可逆的,保护海草床实际上就是减少人为干扰的强度和频度。因而如果能够有效的制止或减缓人为破坏行为,加强对海草床的保护与修复,榕根山海草床还是能够在一定时间内恢复到较好水平。因而针对榕根山海草床衰退的主要原因,我们对其保护和修复提出如下建议:

首先,控制海草床周边互花米草的扩散而侵占海草床及其适宜海草生长的滩涂。互花米草是目前国内沿海滩涂的一个常见入侵物种,其具有较强的入侵性,对潮间带生态系统造成了严重影响^[12,13]。互花米草和海草之间的竞争以及互花米草对海草床的侵害报道较少,但是从我们的调查结果来看,近年来互花米草已经对榕根山海草床构成了严重的威胁,需要及时对其进行控制和清理,恢复海草床生境,防止其生境消失,并为海草床的修复提供基础。互花米草的清理和控制有包括物理、化学和生物等多种方法^[12],不同方法处理效果有一定得差别。完全控制和根除互花米草是不实际的^[13],但是因地制宜地采取有效的措施,进行有序控制,仍可望解决互花米草的负面效应。

其次,对榕根山岸边的畜禽养殖及污水排放进行整治,防止海草床受到直接影响和破坏。保护海草床实际上就是减少人为干扰的强度和频度^[6],放养鸭子及养殖污水是对榕根山海草床的最主要人为干扰。因此,清理养鸭场并禁止在该海草床附近进行畜禽放养等活动,加强对榕根山海草床陆上污染源的管理和控制,减少周边村庄往海草床滩涂排放生活污水和养殖污水,有望有效减少人为干扰对海草床的影响。

再次,开展海草的生态保护和修复,使海草床得到有效恢复。2011年的调查结果显示榕根山海草床的面积只有不到 1hm^2 ,濒临消失的危险。因此只靠减少人为扰动的影响的措施是不够的,需要进行生态保护和修复。榕根山海草床面积不大,因此对现存的海草床进行围网保护是一种切实可行的保护方法,可以非常有效地防止人为干扰对仅存的海草床的影响,保存该海草床的种源。在此基础上,积极开展海草的修复和移植,积极寻找合适种源,并探索有效方法开展矮大叶藻和贝壳喜盐草的移植,加速榕根山海草床的恢复。

最后,加强对海草床的监测和保护及修复的研究。弄清南海草和榕根山海草床衰退的共性原因及具体原因,研究海草与互花米草的竞争机制及互花米草控制方法,探索适宜榕根山海草床及淡水口等其他类型相似海草床的具体修复技术和措施,为该类型海草床的保护和修复提供理论和技术支持。

致谢:

此研究数据是通过广西海洋环境监测中心站和广西合浦儒艮国家级自然保护区管理站的同事一同进行海草调查与监测获得,作者谨致谢忱。

(下转第182页 Continue on page 182)

征和其 2 个亚种的地理分布,我们认为其应属于西南亚种。

火冠雀一般栖息于近水的苇丛和阔叶树间,常在树顶取食,主要以昆虫和昆虫的幼虫为食。好结群,有时也与山雀、柳莺等其他小型鸟类混群,善于在树干和枝叶上攀缘觅食^[4]。喜群栖,在树顶层取食^[3]。本次作者观察到火冠雀的地方为长满藿香蓟的农田,此时正值藿香蓟盛开之季,观察到其以花蕊和花蕊上的昆虫为食。

百色地处广西西南部,位于云贵高原与南岭丘陵的过渡地带,为云贵高原东南沿都阳山脉之西^[5]。西临云南,北接贵州,南接越南,喀斯特地形显著。在该地区的右江区、靖西等地于不同季节曾数次观察到火冠雀,因此其在百色地区应该是留鸟。该鸟在广西分布区的新发现,可以为今后研究鸟类区系变化、气候

对鸟类分布的影响等提供参考,对其分类地位和物种起源的探讨也具有重要的意义。

参考文献:

- [1] 周放. 广西陆生脊椎动物分布名录[M]. 北京:中国林业出版社,2011:105-181.
- [2] 郑光美. 中国鸟类分类与分布目录[M]. 第 2 版. 北京:科学出版社,2011:320.
- [3] 约翰马敬能,卡伦菲利普斯,何芬奇. 中国鸟类野外手册[M]. 长沙:湖南教育出版社,2000:87.
- [4] 赵正阶. 中国鸟类志[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2001:585.
- [5] 百色市志编纂委员会. 百色市志[M]. 南宁:广西人民出版社,1993:25.

(责任编辑:邓大玉)

(上接第 180 页 Continue from page 180)

参考文献:

- [1] 韩秋影,黄小平,施平,等. 广西合浦海草床生态系统服务功能价值评估[J]. 海洋通报,2007,26(3):33-38.
- [2] 李文涛,张秀梅. 海草床的生态功能[J]. 中国海洋大学学报,2009,39(5):933-939.
- [3] 范航清,彭胜,石雅君,等. 广西北部湾沿海海草资源与研究状况[J]. 广西科学,2007,14(3):289-295.
- [4] 黄小平,黄良民,李颖虹,等. 华南沿海主要海草床及其生境威胁[J]. 科学通报,2006,S3:114-119.
- [5] 李森,范航清,邱广龙,等. 海草床恢复研究进展[J]. 生态学报,2010,30(9):2443-2453.
- [6] 范航清,邱广龙,石雅君,等. 中国亚热带海草生理生态学研究[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [7] 韩秋影,黄小平,施平,等. 人类活动对广西合浦海草床服务功能价值的影响[J]. 生态学杂志,2007,26(4):544-548.

- [8] 宁耘,柳娟,张宏科. 广西铁山港海域海草资源现状及保护对策[J]. 环境科学与技术,2009,32(12):414-416.
- [9] 黄小平,江志坚,张景平,等. 广东沿海新发现的海草床[J]. 热带海洋学报,2010,29(1):132-135.
- [10] 李森,范航清,邱广龙,等. 广西北海竹林三种海草种群生物量和生产力研究[J]. 生态科学,2009,28(3):193-198.
- [11] 蓝文陆,彭小燕. 2003~2010 年铁山港湾营养盐的变化特征[J]. 广西科学,2011,18(4):380-384,391.
- [12] 李贺鹏. 外来入侵植物互花米草控制的生态学研究[D]. 上海:华东师范大学,2007.
- [13] 邓自发,安树青,智颖飙,等. 外来种互花米草入侵模式与爆发机制[J]. 生态学报,2006,26(8):2678-2686.

(责任编辑:邓大玉)