

文章编号: 1674-5566(2014)02-0251-07

马鞍列岛海洋特别保护区斑头六线鱼的摄食习性

王 凯¹, 章守宇¹, 汪振华¹, 赵 静¹, 蒋日进^{1,2}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 浙江省海洋水产研究所, 浙江 舟山 316100)

摘 要: 为了解马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼的摄食习性, 基于 2009 年 3 月 ~ 2010 年 2 月多网目组合刺网调查获取的 252 尾斑头六线鱼样本, 研究了斑头六线鱼的饵料组成和摄食策略。结果表明斑头六线鱼主要摄食端足类的麦秆虫, 是以麦秆虫为主食的狭食性鱼类。斑头六线鱼摄食种类随季节变化, 春季、夏季和秋季主要摄食端足类, 表现为狭食性的摄食特性, 冬季主要摄食蟹类、腹足类和其他类, 表现为广食性的摄食特性。

研究亮点: 目前国内对鱼类摄食的研究多是分析其饵料组成, 尚未有鱼类利用饵料生物方式的研究, 本研究在传统鱼类摄食生态研究基础上, 使用摄食策略分析, 对马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境中斑头六线鱼的食性和摄食策略进行分析, 为保护区内生物资源管理和保护提供参考。

关键词: 斑头六线鱼; 食物组成; 摄食策略; 马鞍列岛海洋特别保护区

中图分类号: S 917.4

文献标志码: A

斑头六线鱼 (*Agrammus agrammus*) 隶属于鲷形目 (Scorpaeniformes)、六线鱼科 (Hexagrammidae)、斑头鱼属 (*Agrammus*), 分布于中国东海、黄海、渤海, 朝鲜和日本^[1]。斑头六线鱼在近岸海域尤其是海藻场和海草场中具有较大的生物量^[2-7], 主要营底栖生物食性^[3-5,7-8], 是主要的海洋捕捞和海钓对象, 具有较高的经济价值^[5]。

有关斑头六线鱼分类和繁殖等生物学特征的研究已有较多报道^[9-12], 关于其摄食的研究不多, KONO 等^[13]研究了斑头六线鱼仔稚鱼的摄食随个体发育变化的特征, HORINOUCI 和 KANO^[8]及 KWAK 等^[5]分别研究了日本中部油壶大叶藻床 (*Zosera marina* bed) 和韩国 Jindong 湾大叶藻场斑头六线鱼的摄食习性。

斑头六线鱼在马鞍列岛海洋特别保护区海域分布广泛, 是近岸岩礁生境鱼类群落的优势种类^[2-3,14-16], 与褐菖鲉 (*Sebastes marmoratus*) 等存在食物竞争^[4], 在食物网中具有重要作用, 但

目前关于其生物学特性的研究较少, 有关其食性的研究也仅见于章守宇等^[3]和王凯等^[4]对鱼类群落等方面的报道, 尚未有摄食生态的专门研究。鱼类摄食生态是研究和掌握鱼类种群动态及阐述海洋生态系统结构与功能的前提, 是开展水域资源增殖和移植、建立和实施多种类资源管理模式的基础^[17-18], 目前国内多对鱼类的食物组成进行分析, 缺少对鱼类利用饵料生物方式等方面的研究。本研究在传统食性分析基础上, 尝试使用摄食策略分析, 研究斑头六线鱼的摄食习性, 以探明斑头六线鱼的食性和利用饵料生物资源方式, 为保护区内生物资源的管理和保护提供参考。

1 材料与方 法

1.1 样品采集及分析

马鞍列岛海洋特别保护区海域岛屿众多, 岩礁生境是该海域的典型生境类型, 调查站点设枸杞岛、嵎山岛、壁下岛、花鸟岛、三横山岛、花鸟

收稿日期: 2013-05-02 修回日期: 2013-08-31

基金项目: 国家自然科学基金 (41176110); 上海海洋大学博士科研启动基金 (A-0209-13-0105340); 海洋公益性项目 (201005013-3); 浙江省自然科学基金 (LY13D060006)

作者简介: 王 凯 (1981—), 男, 讲师, 研究方向为海洋渔业资源生物学。E-mail: kwang@shou.edu.cn

通信作者: 章守宇, E-mail: syzhang@shou.edu.cn

岛、东绿华岛、西绿华岛和东库山岛等 8 个岛礁沿岸岩礁水域,共计 20 个站点(图 1),于 2009 年 3 月至 2010 年 2 月期间逐月使用多种网目规格的三重组合刺网进行调查^[4]。

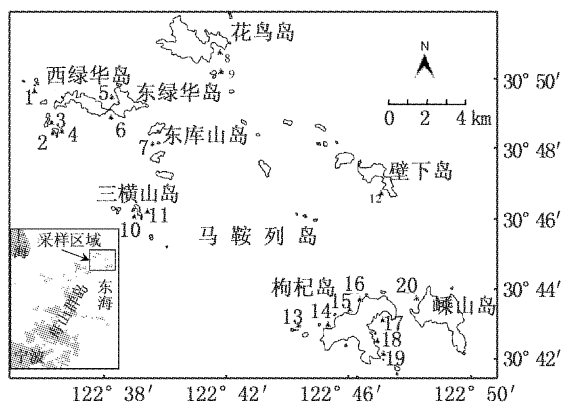


图 1 采样站点

Fig. 1 Sampling stations

调查期间共收集斑头六线鱼非空胃样本 252 尾(表 1),现场冰冻保存,在实验室内依据《海洋调查规范》(GB 12763.6—2007)第六部分《海洋生物调查》^[19]完成体长和体重等生物学测量,胃含

物分析时先用吸水纸吸去饵料生物上的水份,然后用电子称(精度 0.001 g)对每个消化道中的每种饵料生物称重并计数。在分析时,对个体较大且消化程度较低的饵料生物通过形态进行鉴别,消化较为充分的通过耳石、鳞片、眼珠等器官进行鉴定,个体较小的饵料生物利用双筒显微镜($>40\times$)进行观察鉴定,饵料生物种类尽可能鉴定到种。

1.2 数据分析

斑头六线鱼饵料组成用质量百分比(M%)和出现频率(F%)^[20]来描述,用食物指数百分比(%IA)来评价饵料生物的重要性^[21]。用经改进的 Costello 图示法来分析斑头六线鱼的摄食策略^[22],为便于分析斑头六线鱼的饵料生物类群随季节的变化,将饵料生物种类进行归类,共分为鱼类、蟹类、端足类、腹足类和其他类(包括虾类、多毛类、等足类和棘皮类等)5 个生物类群。分析饵料组成随季节变化时,将调查的各个月份分为 4 个季节:春季(2009 年 3 月—5 月)、夏季(6 月—8 月)、秋季(9 月—11 月)和冬季(2009 年 12 月—2010 年 2 月)。

表 1 各季节斑头六线鱼样本数和体长分布

Tab. 1 Sample size and size distribution of *Agrammus agrammus* in each season

季节	尾数/尾	体长范围/mm	平均体长/mm	优势体长范围/mm
春季	33	94 ~ 190	110	80 ~ 120
夏季	91	81 ~ 182	116	90 ~ 100, 110 ~ 140
秋季	93	105 ~ 214	141	120 ~ 150
冬季	35	102 ~ 183	139	140 ~ 150

2 结果

2.1 饵料组成及食性

马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼的饵料种类有鱼类、虾类、蟹类、端足类和头足类等 11 个饵料类群 29 种饵料生物(表 2)。端足类是最主要的饵料生物类群,其中%IA 为 97.93%,出现频率(76.49%)和重量百分比(65.95%)在所有饵料生物类群中均最高,最主要饵料种类为麦秆虫(Caprellidae),%IA 为 97.59%,F% 为 66.67%,M% 为 64.43%,鱼类、

虾类和蟹类等其他饵料生物种类在斑头六线鱼食物组成中的比例则较小。

按照饵料生物生态习性划分,可将斑头六线鱼的饵料生物划分为游泳动物和底栖动物两个生物类群,端足类是最主要的饵料生物类群。由摄食策略图可看出(图 2),主要饵料生物麦秆虫位于图的右上角,其他饵料生物种类位于图的左侧,说明斑头六线鱼群体中大部分个体主要摄食麦秆虫,少数个体主要摄食其他饵料生物,总体上斑头六线鱼是以麦秆虫为主食的狭食性鱼类。

表 2 马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼饵料组成

Tab. 2 Diet composition of *A. agrammus* in the rocky reef area off Ma'an Archipelago special marine reserves

饵料种类	缩写	重量百分比/%	出现频率/%	食物指数	食物指数百分比/%
鱼类		13.53	8.42	34.93	0.79
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	Sm	5.61	1.05	5.90	0.13
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	Ej	0.09	0.35	0.03	+
海马 <i>Hippocampus japonicus</i>	Hj	0.71	0.35	0.25	0.01
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	Ch	2.73	0.35	0.96	0.02
不可辨认鱼类	Uf	4.40	6.32	27.79	0.63
虾类		0.96	2.46	0.66	0.02
中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>	Ac	0.13	0.70	0.09	+
鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i>	Ad	0.44	0.70	0.31	0.01
葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>	Pg	0.03	0.35	0.01	+
不可辨认虾类	Us	0.35	0.70	0.25	0.01
蟹类		9.24	12.98	26.83	0.61
日本蜆 <i>Charybdis japonica</i>	Cj	0.72	1.05	0.76	0.02
日本岩瓷蟹 <i>Petrolithes japonicus</i>	Pj	3.56	5.26	18.74	0.43
双斑蜆 <i>Charybdis bimaculata</i>	Cb	0.06	0.35	0.02	+
日本矶蟹 <i>Pugettia nipponensis</i>	Pn	0.32	0.70	0.23	0.01
马氏毛粒蟹 <i>Pilumnopus makiana</i>	Pm	1.54	0.35	0.54	0.01
细纹爱洁蟹 <i>Atergatis reticulatus</i>	Ar	0.16	0.35	0.05	+
隆线强蟹 <i>Eucrate crenata</i>	Ec	0.08	0.35	0.03	+
豆蟹 <i>Pinnotheres</i>	Pi	0.93	1.40	1.30	0.03
中华长眼寄居蟹 <i>Paguristes sinensis</i>	Ps	0.04	0.35	0.01	+
不可辨认蟹类	Uc	1.83	2.81	5.14	0.12
端足类		65.95	76.49	4310.46	97.93
麦秆虫	Ca	64.43	66.67	4295.61	97.59
钩虾	Ga	1.51	9.82	14.85	0.34
头足类		0.21	0.70	0.15	+
日本枪乌贼 <i>Loligo japonica</i>	Lj	0.21	0.70	0.15	+
多板类 <i>Polyplacophora</i>	Po	2.20	5.26	11.59	0.26
红条毛腹石鳖 <i>Acanthochiton</i>	Aca	2.20	5.26	11.59	0.26
多毛类 <i>Polychaete</i>		0.97	2.46	2.38	0.05
沙蚕 <i>Glycera</i>	Gl	0.97	2.46	2.38	0.05
腹足类 <i>Gastropoda</i>		3.34	4.91	7.00	0.16
西格织纹螺 <i>Nassarius siquijorensis</i>	Ns	1.77	2.81	4.97	0.11
红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>		0.24	0.70	0.17	+
未分辨螺类	Us	1.33	1.40	1.86	0.04
棘皮类 <i>Echinodermata</i>		0.83	1.40	0.65	0.01
滩栖阳遂足 <i>Amphiura vadicola</i>	Av	0.51	1.05	0.54	0.01
海百合 <i>Crinoidea</i>	Cr	0.32	0.35	0.11	+
等足类 <i>Isopoda</i>		0.15	1.40	0.20	+
圆柱水虱 <i>Cirolana</i>	Ci	0.15	1.40	0.20	+
海藻 <i>Algae</i>	Al	1.15	4.21	3.05	0.07
羊栖菜 <i>Sargassum fusiform</i>	Sf	0.08	0.35	0.03	+
裙带菜 <i>Undaria pinnatifida</i>	Up	0.02	0.35	0.01	+
拟厚膜藻 <i>Pachymenia carnosa</i>	Pe	0.11	0.35	0.04	+
未分辨海藻 <i>Ulva</i>	Ul	0.94	3.16	2.98	0.07
鱼卵	Fe	1.47	2.46	3.60	0.08

注: + 表示值小于 0.01。

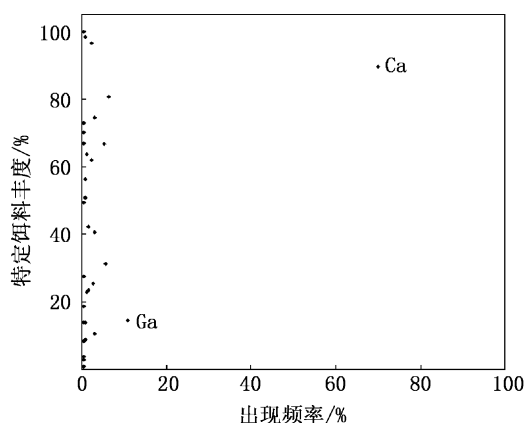


图2 马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼摄食策略图

Fig.2 Feeding strategy of *A. agrammus* in the rocky reef area off Ma'an Archipelago special marine reserves

2.2 摄食随季节变化

斑头六线鱼的摄食组成随季节变化(图3),在春季、夏季和秋季主要摄食端足类,冬季主要摄食蟹类、腹足类和其他类。从饵料种类看,斑头六线鱼春季主要摄食麦秆虫和褐菖鲉幼鱼,夏季主要摄食麦秆虫和日本岩瓷蟹(*Petrolithes japonicus*),秋季主要摄食麦秆虫,冬季主要摄食西格织纹螺(*Nassarius siquijorensis*)和麦秆虫。

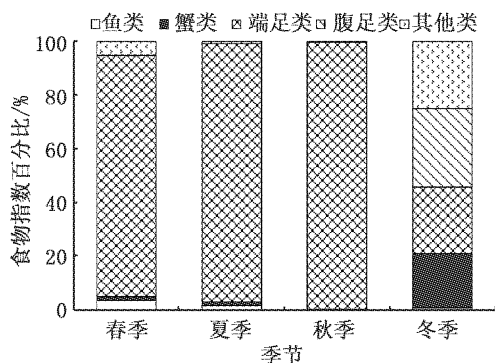


图3 马鞍列岛岩礁生境斑头六线鱼饵料生物类群组成的%AI季节变化

Fig.3 Seasonal variation in %AI for prey groups of *A. agrammus* in the rocky reef area off Ma'an Archipelago special marine reserves

斑头六线鱼的摄食策略存在季节变化(图4),春季、夏季和秋季的摄食策略相似,均表现为以麦秆虫为主要摄食对象的狭食性特性,群体内不同个体摄食的差异较小,从春季到秋季,斑头六线鱼群体中摄食麦秆虫的个体的比例逐渐增多。冬季,斑头六线鱼的大部分饵料生物分布在

策略图的左上方,表明该季节斑头六线鱼不同的个体摄食的饵料生物存在较大差异,具有广食性的特性。

3 讨论

3.1 斑头六线鱼食物组成及食性

本研究表明,马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼的饵料生物种类广泛(29种),麦秆虫是主要的饵料生物种类。KWAK等^[5]研究表明大叶藻场中斑头六线鱼主要摄食蟹类和麦秆虫。HORINOUCI和SANO^[8]研究了日本中部大叶藻场斑头六线鱼的摄食习性,认为斑头六线鱼属于小型甲壳生物捕食者,主要摄食钩虾、多毛类、麦秆虫、蟹类和等足类等。王蕾等^[3]研究表明,在铜藻(*Sargassum horueri*)海藻场中斑头六线鱼主要摄食底栖无脊椎动物,其中麦秆虫是主要的摄食对象。可见,斑头六线鱼在不同的栖息生境中具有相似的食性,主要摄食底栖甲壳类生物。不同栖息生境中斑头六线鱼的主要饵料种类存在差异,与其栖息环境中的饵料生物分布、丰度及其本身的摄食选择性等有关,马鞍列岛海洋特别保护区海域潮间带和潮下带分布有大量的海藻^[23],端足类等底栖生物分布广泛且具有较高的生物量^[3,24],是岩礁生境中斑头六线鱼的重要饵料保障。

本研究通过摄食策略分析表明,斑头六线鱼是以端足类为主食的狭食性鱼类,麦秆虫是其最重要的优势饵料生物种类。需要注意的是,斑头六线鱼胃中发现有羊栖菜等海藻残片,这可能是斑头六线鱼摄食端足类等生物时将其误食引起的,也一定程度上说明斑头六线鱼主要分布在岩礁生境中有海藻生长的区域^[2-3]。

3.2 斑头六线鱼摄食随季节变化

本研究中,斑头六线鱼摄食种类随季节变化(图3,4)。KWAK等^[5]研究发现韩国Jindong湾大叶藻场中斑头六线鱼的摄食种类无季节变化,王凯等^[4]研究发现同海域枸杞岛岩礁生境中斑头六线鱼的摄食种类随季节变化明显。鱼类摄食习性随季节变化,反映了鱼体代谢强度、摄食行为和水域环境中饵料生物的季节变化,是鱼类对环境的适应性行为,这是一种极为常见的现象^[25],并且在鱼类适合的食性范围内,总是以栖息水域中数量最多、出现时间最长的饵料生物为

主要饵料^[18]。马鞍列岛海域端足类的分布及生物量主要受潮下带海藻尤其是大型海藻的影响^[3,26],摄食策略分析表明,斑头六线鱼在春季、夏季和秋季均表现为以麦秆虫为主要摄食对象的狭食性摄食特性,群体内不同个体摄食的差异

较小,而冬季群体内不同个体摄食差异较大,具有广食性摄食特性,这可能与冬季岩礁生境中饵料生物不足有关,广食性的摄食策略可以减小食物不足的困境,同时减小不同个体间食物竞争的。

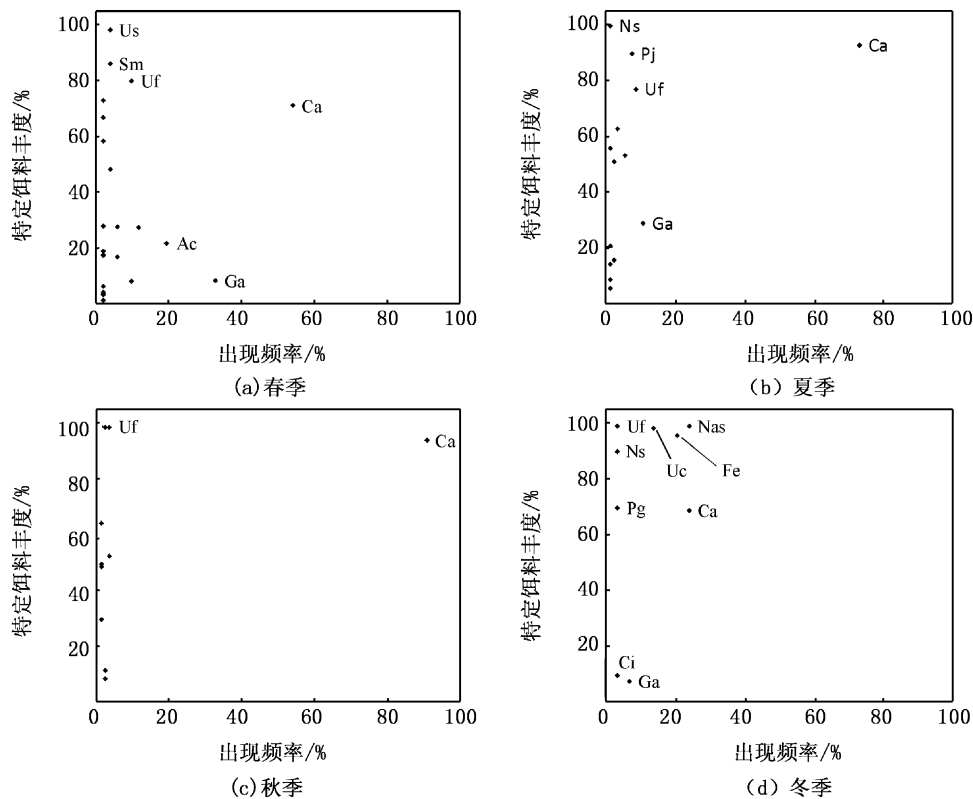


图4 马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境斑头六线鱼不同季节摄食策略图

Fig. 4 Seasonal variation of feeding strategy of *A. agrammus* in the rocky reef area off Ma'an Archipelago special marine reserves analysed by the graphic method of Amundsen

本研究中,麦秆虫在斑头六线鱼饵料中的比例随季节变化较小,表明该饵料生物种类在岩礁生境中具有较大的生物量并具有一定的稳定性,这与马鞍列岛海洋特别保护区岩礁生境分布有大量的海藻有关,藻体上附着有大量的麦秆虫等生物为斑头六线鱼提供了良好的饵料基础^[3,24]。

本研究通过食物组成和摄食策略对比研究了马鞍列岛海洋特别保护区斑头六线鱼的摄食习性,斑头六线鱼以端足类为主要饵料的食性特点及其摄食策略,表明该种类在岩礁生境中主要分布在海藻丛或者海藻附近区域^[3],一定程度上反映了斑头六线鱼的栖息生境具有较大的限定性,其生境受外界环境尤其是底栖海藻变动的影响较大,从饵料生物资源保障方面来说,保护马

鞍列岛海洋特别保护区潮下带底栖海藻对于保护斑头六线鱼的栖息环境具有重要的作用。

参考文献:

- [1] 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志[M]. 北京: 科学出版社, 1963.
- [2] 章守宇,汪振华,林军,等. 枸杞岛海藻场夏、秋季的渔业资源变化[J]. 海洋水产研究, 2007, 28(1): 45-52.
- [3] 章守宇,王蕾,汪振华,等. 枸杞岛海藻场优势种群鱼类群体特征及其在不同生境中的差异[J]. 水产学报, 2011, 35(9): 1399-1409.
- [4] 王凯,章守宇,汪振华,等. 枸杞岛岩礁生境主要鱼类的食物组成和食物竞争[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 536-544.
- [5] KWAK S N, BAECK G W, KLUMPP D W. Comparative feeding ecology of two sympatric greenling species,

- Hexagrammos otakii* and *Hexagrammos agrammus* in eelgrass *Zostera marina* beds [J]. *Environmental Biology of Fishes*, 2005, 74(2): 129–140.
- [6] 孙建璋, 庄定根, 王铁杆, 等. 南麂列岛铜藻增殖技术的初步研究[J]. *现代渔业信息*, 2010, 25(1): 23–27.
- [7] HORINOUCI M. Horizontal gradient in fish assemblage structures in and around a seagrass habitat: some implications for seagrass habitat conservation [J]. *Ichthyol Research*, 2009, 56(2): 109–125.
- [8] HORINOUCI M, SANO M. Food habits of fishes in a *Zostera marina* bed at Aburatsubo, central Japan [J]. *Ichthyological Research*, 2000, 47(2): 163–173.
- [9] 郑家声, 王梅林, 戴继勋. 斑头鱼的核型及性染色体研究[J]. *遗传*, 1997, 19(s): 61–62.
- [10] 任桂静, 刘奇, 高天翔, 等. 基于线粒体 DNA 序列探讨斑头鱼分类地位[J]. *动物分类学报*, 2011, 36(2): 332–340.
- [11] MUNEHARA H, KANAMOTO Z, MIURA T. Spawning behavior and interspecific breeding in three Japanese greenlings (*Hexagrammidae*) [J]. *Ichthyological Research*, 2000, 47(3): 287–292.
- [12] BRYKOV VI A, PODLESNYKH A V. Comparative study of mitochondrial DNA in two greenling species (*Hexagrammidae*; *Pisces*) and their hybrids from Peter the Great Bay (Sea of Japan) [J]. *Russian Journal of Genetics*, 2001, 37(12): 1400–1402.
- [13] KONO H, KURITA Y, SEIKAI T. Ontogenetic intervals based on the development of swimming- and feeding-related characters in the hexagrammid, *Hexagrammos agrammus*, larvae and juveniles [J]. *Mer*, 2000, 38(2): 77–86.
- [14] 王蕾, 章守宇, 汪振华, 等. 枸杞岛近岸 3 种生境鱼类群落组成及岩礁区底栖海藻对鱼类群落结构的影响[J]. *水产学报*, 2011, 35(7): 1037–1049.
- [15] 汪振华, 章守宇, 陈清满, 等. 马鞍列岛岩礁生境鱼类群落生态学. I. 种类组成和多样性 [J]. *生物多样性*, 2012, 20(1): 41–50.
- [16] 汪振华, 王凯, 赵静, 等. 枸杞岛潮下带沙地生境鱼类群落结构和季节变化 [J]. *应用生态学报*, 2011, 22(5): 1332–1342.
- [17] 殷名称. 鱼类生态学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [18] 窦硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法 [J]. *海洋与湖沼*, 1996, 27(5): 556–561.
- [19] 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. 海洋调查规范 第六部分: 海洋生物调查 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [20] HYSLOP E J. Stomach contents analysis-A review of methods and their application [J]. *Journal of Fish Biology*, 1980, 17(4): 411–429.
- [21] MABRAGANA E, GIBERTO D A. Feeding ecology and abundance of two sympatric skates, the shortfin sand skate *Psammodon normani* McEachran, and the smallthorn sand skate *P. rudis* Gunther (*Chondrichthyes*, *Rajidae*), in the southwest Atlantic [J]. *Journal of Marine Science*, 2007, 64(5): 1017–1027.
- [22] AMUNDSEN P A, GABLER H M, STALDVIK F J. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method [J]. *Journal of Fish Biology*, 1996, 48(4): 607–614.
- [23] 章守宇, 梁君, 汪振华, 等. 浙江马鞍列岛海域潮间带底栖海藻分布特征 [J]. *应用生态学报*, 2008, 19(10): 2299–2307.
- [24] 王凯, 章守宇, 汪振华, 等. 枸杞岛海藻场褐菖鲉的摄食习性 [J]. *水产学报*, 2010, 34(2): 227–235.
- [25] 朱国平, 周应祺, 许柳雄, 等. 大西洋西部大眼金枪鱼摄食生态的初步研究 [J]. *水产学报*, 2007, 31(1): 23–30.
- [26] 孙宏超. 枸杞岛海藻场生态系统初步研究 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2006.

Dietary composition and feeding strategy of *Agrammus agrammus* off the Ma'an Archipelago special marine reserves

WANG Kai¹, ZHANG Shou-yu¹, WANG Zhen-hua¹, ZHAO Jing¹, JIANG Ri-jin^{1,2}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Marine Fishery Institute of Zhejiang Province, Zhoushan 316100, Zhejiang, China)

Abstract: In order to understand the feeding ecology of *Agrammus agrammus* in the rocky reef habitat off the Ma'an Archipelago Special Marine Reserves, the dietary composition and feeding strategy of *Agrammus agrammus* were analyzed based on the 252 fish samples collected from March, 2009 to February, 2010. The results showed that *A. agrammus* mainly preyed on Amphipoda (Caprellidae) and was a specialized feeder on Caprellidae. The diet of *A. agrammus* showed significant seasonal patterns, and was dominated by Amphipoda (Caprellidae) in spring, summer and autumn and crabs, gastropods and others in winter. *Agrammus agrammus* showed a specialized feeding strategy in spring, summer and autumn and generalized feeding strategy in winter.

Key words: *Agrammus agrammus*; dietary composition; feeding strategy; Ma'an Archipelago special marine reserves