

中华原钩虾(*Eogammarus possjeticus*)对浒苔(*Ulva prolifera*)及其他类型饵料的摄食研究*

薛素燕^{1, 2} 毛玉泽^{1, 2①} 丁敬坤¹ 蒋增杰¹ 方建光¹

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 山东省渔业资源与生态环境重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所 青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266071)

摘要 采用生理生态学方法, 研究了中华原钩虾(*Eogammarus possjeticus*)对黄海绿潮原因种浒苔(*Ulva prolifera*)及海水池塘 4 种优势大型海藻, 即肠浒苔(*Ulva intestinalis*)、扁浒苔(*Ulva compressa*)、线形硬毛藻(*Chaetomorpha linum*)和丝毛藻(*Cloniophora* sp.)的摄食率, 比较了对浒苔与其他不同类型饵料(包括人工饵料)的摄食, 开展了不同密度的中华原钩虾对浒苔的现场摄食研究。结果显示, 中华原钩虾的摄食率、饵料吸收率与海藻的含水量成正相关, 表明该端足类存在明显的补偿性摄食行为。对不同类型饵料的摄食结果显示, 中华原钩虾除了摄食海藻, 对豆粕、虾饲料等人工饵料也具有较高的饵料吸收率, 表明其可人工投喂培育。中华原钩虾具有一定摄食节律, 夜晚摄食量高于白天, 表明夜晚投喂有利于中华原钩虾摄食, 可减少饵料污染, 有利于清洁生产。现场摄食实验结果显示, 中华原钩虾摄食量随养殖密度的增加而增加, 但其摄食率和存活率与养殖密度呈负相关, 表明高密度时中华原钩虾竞争摄食增加了饵料消耗, 同时中华原钩虾为抵抗养殖密度过高造成的竞争而增加能量等消耗。

关键词 中华原钩虾; 绿藻; 人工饵料; 摄食率

中图分类号 S968.22 **doi:** 10.11693/hyhz20180300073

钩 虾 (Gammaridae) 隶属于甲壳动物纲 (Crustacea)、端足目 (Amphipoda)、钩虾亚目 (Gammaridea), 约有近 1000 属, 6000 余种, 大多是海水种, 数量约占端足类总量的 80% (Cruz-Rivera *et al.*, 2000)。我国迄今共记录的海水钩虾有 139 种, 隶属于 21 科 54 属 (任先秋, 2002)。中华原钩虾(*Eogammarus possjeticus*)是山东半岛潮间带及海水池塘等处端足类的重要优势种, 近年作为山东沿海地区养殖对虾的动物性活饵受到广泛关注和重视 (Xue *et al.*, 2013; 薛素燕等, 2016)。

在潮间带、温带河口以及封闭或半封闭水域中, 钩虾往往成为优势种群 (Jeong *et al.*, 2007), 主要以大

型海藻(藻丛)为食, 是海藻群落中最主要的初级消费者 (Balducci *et al.*, 2001)。通过摄食作用, 钩虾对大型海藻的生长、生物量和群落结构起着重要调控作用 (Valentine *et al.*, 2006; Duffy *et al.*, 2015)。在某些富营养化水域, 钩虾的摄食量甚至超过大型海藻的生长量 (Valiela *et al.*, 1997), 它们的摄食压力甚至决定某些大型海藻的存在与否 (Geertz-Hansen *et al.*, 1993), 是影响大型海藻生物量的关键因子 (Hauxwell *et al.*, 1998; Balducci *et al.*, 2001)。但是, 钩虾对大型海藻并非不加区分的摄食 (Cruz-Rivera *et al.*, 2001; Goecker *et al.*, 2003), 大型海藻的营养价值 (Cruz-Rivera *et al.*, 2003)、分泌的次生代谢物 (Toth *et al.*, 2005; Yun *et al.*,

* 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山科技创新计划项目, 2016ASKJ02 号; 国家基金委-山东省联合基金项目, U1606404 号; 中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费项目, 20603022017010 号, 20603022018003 号; 现代农业产业技术体系专项资金项目, CARS-48 号。薛素燕, 助理研究员, E-mail: xuesy@ysfri.ac.cn

① 通讯作者: 毛玉泽, 博士生导师, 研究员, E-mail: maoyz@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2018-03-31, 收修改稿日期: 2018-05-11

2007)、形态特征(Sotka, 2007)都会影响钩虾摄食及摄食的选择性。另外,除了摄食大型海藻,钩虾也摄食一些有机碎屑,在人工投喂条件下,可摄食豆粕、花生粕、麸皮、对虾饲料等(刘艳春等, 2007)。

本研究以中华原钩虾为研究对象,通过室内对浒苔及海水池塘常见大型海藻和其他不同类型饵料的摄食,以及对浒苔的现场摄食实验,旨在揭示钩虾的摄食习性及其在生态系统中的生态功能。

1 材料与方法

1.1 材料来源

实验材料采自山东下营浅海附近的养殖池塘,选取健壮活泼的个体进行实验室水槽饲养,培育水温为 10—18℃,盐度为 28—33, pH 8.0—8.2, 溶氧 6.5—7.2mg/L, 饲养期间喂喂浒苔及虾饲料等饵料,每天换水 1/2。实验中所用浒苔(*Ulva prolifera*)、肠浒苔(*Ulva intestinalis*)、扁浒苔(*Ulva compressa*)、线形硬毛藻(*Chaetomorpha linum*)、丝毛藻(*Cloniophora* sp.)、金膜藻(*Chrysomenia wrightii*)、竹节草(*Chrysopogon aciculatus*)等海藻或海草均采自青岛近岸海域和海水养殖池塘,豆粕和虾饲料均购买自市场。

1.2 摄食实验

1.2.1 室内实验

饵料种类选择: 饵料种类选择分 2 次实验完成: (1) 采用绿藻类进行钩虾的摄食研究, 饵料主要包括浒苔、肠浒苔、扁浒苔、线形硬毛藻和丝毛藻各 2g(湿重), 置于水族箱 20cm×15cm×10cm 中, 每个水族箱放入钩虾 0.4g(湿重, 约 100 尾), 设置 3 个重复, 2 个对照(不放钩虾)。实验开始前, 测定 5 种绿藻的含水率, 每种藻取 5g(湿重), 3 个平行, 然后放入 70℃ 烘箱 48h 至恒重, 分析天平称重。实验于每日 8:00 开始, 翌日 8:00 采用虹吸法分别收集残饵及粪便, 将残饵用滤纸吸干, 分析天平称重, 然后补充新鲜饵料, 实验重复 5 次。将每次收集的粪便、残饵分别以铝箔纸包封, 70℃ 烘干 48h 至恒重, 分析天平称重。(2) 实验选择浒苔、金膜藻、竹节草、豆粕和对虾饲料分别 5g(湿重)、7g(湿重)、3g(湿重)、1g(干重)和 1g(干重), 置于水族箱(40cm×30cm×30cm)中, 每个水族箱放入钩虾 5g(湿重, 约 280 尾), 设置 3 个重复, 2 个对照(不放钩虾)。每日 8:00 开始实验, 翌日 8:00 收集残饵及粪便, 重量测定等操作同上(下同), 实验重复 5 次。

昼夜摄食节律: 在上述第 2 次不同类型饵料摄食

实验过程中, 将 7:00—19:00 定为白天, 19:00—翌日 7:00 定为黑夜。记录投喂饵料的初始重量, 实验于每日 8:00 开始, 20:00 收集残饵及粪便并测定重量, 然后补充新鲜饵料, 至翌日 8:00 收集残饵及粪便并测定重量, 实验重复 5 次。

摄食指标公式:

日摄食率(%)=日摄食量(干重)/钩虾湿重

饵料吸收率(%)=(摄食量干重—排便量干重)/摄食量干重

日排粪率(%)=日排粪量(干重)/钩虾湿重

1.2.2 现场实验 设计 3 个钩虾密度组(100, 150, 200g/m²), 每个密度 3 个平行, 放置于 80cm×80cm×60cm (约 0.4m³)不锈钢网箱内, 网箱外面包一层网眼规格为 1mm 的网衣。每个网箱放置 2 个立方体网笼(25cm×25cm×25cm), 网眼规格分 1mm 和 5mm 大小 2 种, 小网眼为对照组, 大网眼利于钩虾进入网笼内摄食。每个网笼内放入 500g 新鲜浒苔。每 5 天测定一次指标参数: 浒苔生长率、钩虾摄食率, 并收集网箱内钩虾称重。样品取完后, 将网笼清理干净, 用于新一轮实验, 持续 20d。用 YSI 现场测定网箱内温度、盐度、pH 和溶氧等参数。

日摄食量(g)=[实验组浒苔初始湿重×(对照组浒苔末湿重/对照组浒苔初始湿重)—实验组浒苔末湿重]/实验天数

日摄食率(%)=日摄食量(湿重)/钩虾湿重

死亡率(%/d)=(钩虾初始平均体重×初始单位体重个体数—钩虾末平均湿重×末单位体重个体数)/(钩虾初始平均体重×初始单位体重个体数)×实验天数

1.3 数据处理与分析

使用 Excel 2013 进行数据作图, 实验数据采用 SPSS 18.0 软件进行单因素方差(one-way ANOVA)、双因素方差(Univariate)和相关性分析, 不同处理组间采用 Turkey 方法进行多重比较, $P<0.05$ 作为不同处理间差异显著标准。

2 结果

2.1 室内实验

2.1.1 5 种绿藻的含水率比较 单因素方差分析结果表明, 5 种绿藻的含水率存在显著性差异($P<0.05$)。如图 1 所示, 浒苔的含水率较高, 其中浒苔含水率高达 91.62%±5.54%, 其次为肠浒苔 90.82%±4.51%, 含水率最低的是丝毛藻, 为 71.43%±2.52%。

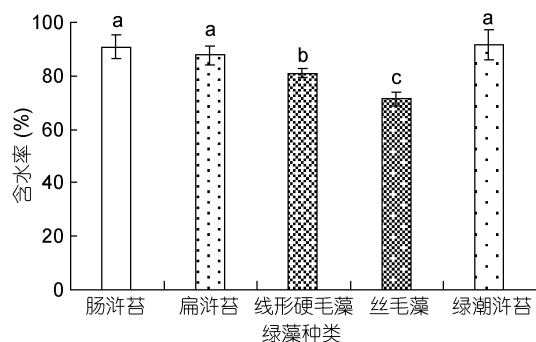


图 1 5 种绿藻的含水率

Fig.1 The water content in five species of green algae

注: 不同字母表示组间差异显著($P<0.05$), 下同

2.1.2 中华原钩虾对不同绿藻的摄食 单因素方差分析结果表明, 中华原钩虾对不同绿藻的摄食率存在显著性差异($P<0.05$, 图 2), 其中, 对浒苔的日摄食率最高, 为 $7.61\% \pm 0.26\%$, 对线形硬毛藻的日摄食率最低, 为 $3.70\% \pm 0.40\%$; 中华原钩虾对不同绿藻的饵料吸收率存在显著性差异($P<0.05$), 且与摄食率的趋势相似(图 3), 对浒苔的饵料吸收率最高, 为 $69.92\% \pm 2.66\%$, 其次为肠浒苔, 饵料吸收率为 $68.52\% \pm 1.72\%$, 对线形硬毛藻的饵料吸收率最低, 为 $39.28\% \pm 3.17\%$; 而中华原钩虾摄食不同绿藻后的排粪率差异不显著($P>0.05$, 图 4)。

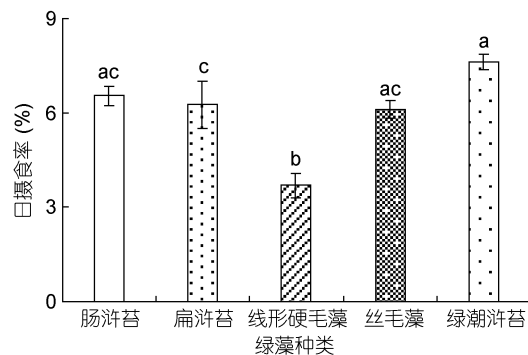


图 2 中华原钩虾对不同绿藻的日摄食率

Fig.2 The feeding rate of *E. possjeticus* on the green algae

2.1.3 中华原钩虾对不同类型饵料的摄食 如图 5 所示, 中华原钩虾对不同类型饵料的摄食率存在显著性差异($P<0.05$), 其中, 对浒苔的日摄食率最高, 为 $15.06\% \pm 2.85\%$, 而对竹节草的日摄食率最低, 为 $8.26\% \pm 0.88\%$; 中华原钩虾对不同类型饵料的吸收率存在显著性差异($P<0.05$, 图 6), 对虾饲料的饵料吸收率最高, 为 $87.68\% \pm 2.86\%$, 其次为豆粕, 其饵料吸收率为 $86.67\% \pm 0.81\%$, 对竹节草的饵料吸收率最低,

为 $56.28\% \pm 2.14\%$; 中华原钩虾摄食不同类型饵料后的排粪率存在显著性差异($P<0.05$, 图 7), 其中, 摄食浒苔后的排粪率最高, 为 $5.06\% \pm 0.45\%$, 摄食竹节草后的排粪率最低, 为 $0.82\% \pm 0.17\%$ 。

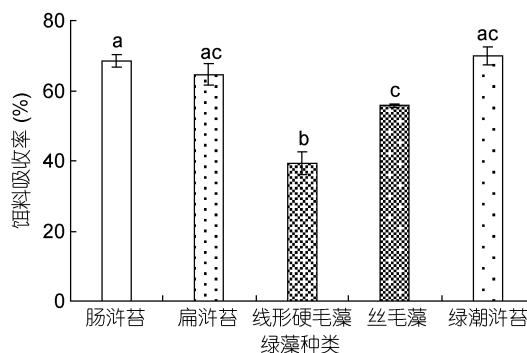


图 3 中华原钩虾对不同绿藻的饵料吸收率

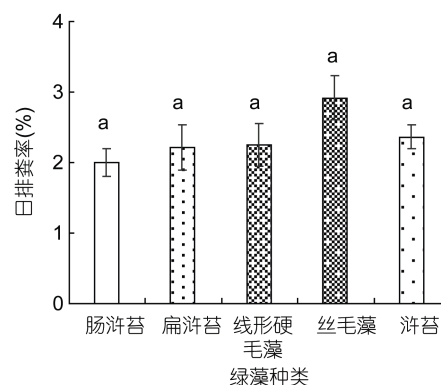
Fig.3 The assimilation efficiency of *E. possjeticus* on the green algae

图 4 中华原钩虾对摄食不同绿藻的日排粪率

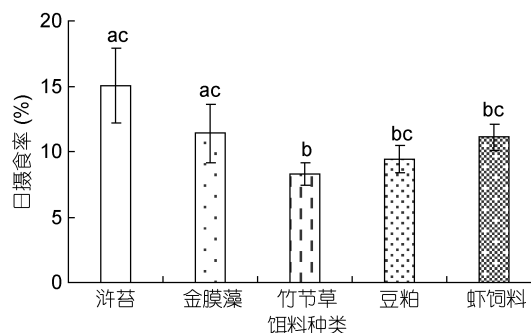
Fig.4 The faecal egestion rate of *E. possjeticus* for the green algae

图 5 中华原钩虾对不同类型饵料的日摄食率

Fig.5 The feeding rate of *E. possjeticus* for different types of baits

摄食节律实验结果表明, 中华原钩虾对不同类型饵料的摄食均存在一定的摄食规律, 白昼摄食率

均低于黑夜摄食率, 但无显著性差异($P>0.05$), 显著性差异主要存在于对不同类型饵料的摄食率($P<0.05$, 图 8)。

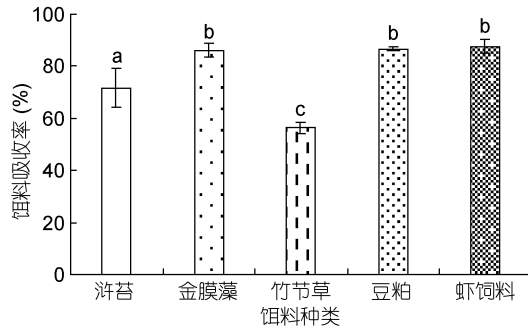


图 6 中华原钩虾对不同类型饵料的饵料吸收率

Fig. 6 The assimilation efficiency of *E. possjeticus* for different types of baits

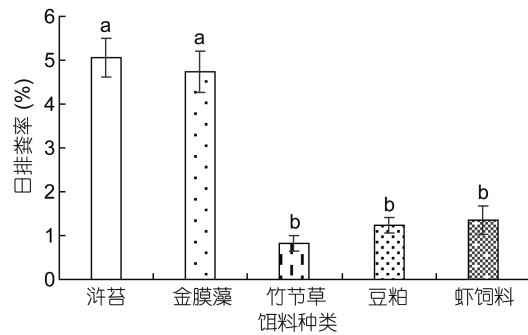


图 7 中华原钩虾对不同类型饵料的日排粪率

Fig. 7 The faecal egestion rate of *E. possjeticus* for different types of baits

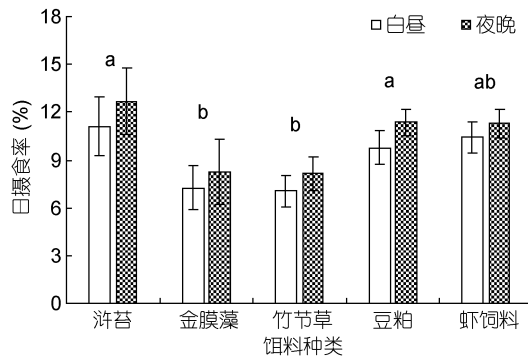


图 8 中华原钩虾对不同类型饵料的昼夜日摄食率

Fig. 8 Day and night rhythm of feeding rate of *E. possjeticus* for different types of baits

2.2 现场实验

双因素方差分析结果表明, 不同密度组中华原钩虾对浒苔的日摄食量随时间的延长存在显著性差异($P<0.05$, 图 9), 各密度组钩虾日摄食量随着时间的延长逐渐降低, 其中, $200\text{g}/\text{m}^2$ 密度组中华原钩虾

的日摄食量在每个时间点均高于其它两个密度组, $100\text{g}/\text{m}^2$ 密度组中华原钩虾的日摄食量在每个时间点均为最低; 不同密度组中华原钩虾对浒苔的日摄食率随时间的延长存在显著性差异($P<0.05$, 图 10), 每个密度组的日摄食率均随时间的延长而降低, 其中, $100\text{g}/\text{m}^2$ 密度组中华原钩虾的日摄食率在前 10 d 均高于其他两个密度组, 而在 15 d 后均低于其它两个密度组。实验期间中华原钩虾的存活率随时间延长而降低 (图 11), 其中, $200\text{g}/\text{m}^2$ 密度组中华原钩虾的存活率降低较快, 前 5 d 均高于其他两个密度组, 而至实验结

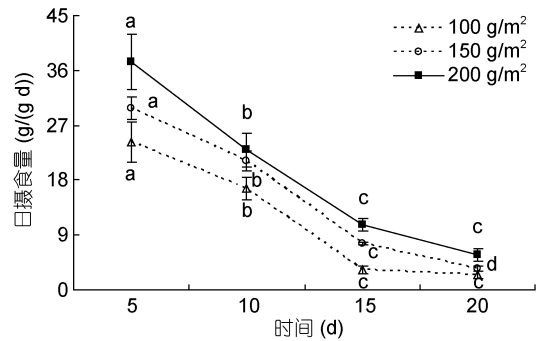


图 9 不同密度中华原钩虾在不同时间的日摄食量

Fig. 9 The daily feed intake of *E. possjeticus* at different densities and times

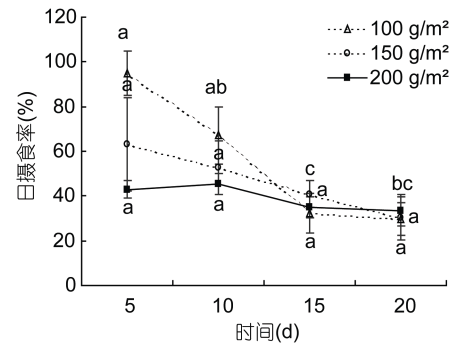


图 10 不同密度中华原钩虾在不同时间的日摄食率

Fig. 10 The feeding rate of *E. possjeticus* at different densities and times

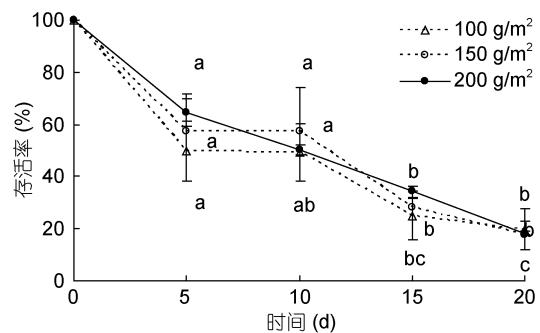


图 11 不同密度中华原钩虾的存活率

Fig. 11 The survival rate of *E. possjeticus* at different densities

束(即 20d)时, 与其他两个密度组的存活率差异不显著, 均在 20%以下。

3 讨论

3.1 中华原钩虾的摄食与海藻含水量的关系

Cruz-Rivera 等(2001)认为, 海藻的含水量会降低海藻内营养物质的浓度, 从而影响端足类的摄食量。本研究结果显示, 中华原钩虾对含水量高的浒苔、肠浒苔及扁浒苔日摄食率较大, 饵料吸收率也较高, 而对含水量低的丝毛藻、线性硬毛藻的摄食率较低, 饵料吸收率也较低, 这与郑新庆等的结果相似。郑新庆等(2013)开展了强壮藻钩虾 *Ampithoe valida* 对 3 种海藻的摄食实验, 结果表明, *A. valida* 的摄食率和海藻的干湿比密切相关, 即含水量高的海藻, 摄食率也相应增加。由于钩虾等端足类消化道自身的物理局限性(只能容纳一定体积的食物)(Slansky, 1993), 因此, 对高含水量、低营养物质的藻类, 只能通过增加摄食来满足自身代谢需求, 即补偿性摄食, 这是它们对食物环境的一种适应, 也是维持种群繁衍的一种方式(Cruz-Rivera *et al.*, 2000; 郑新庆等, 2013)。一般研究认为, 一些海洋无脊椎动物(如鱼类), 表现出对高营养价值(氮、磷和蛋白质含量等)植物的摄食偏好, 但对于底栖端足类来说, 这种观点似乎并不完全成立(Valentine *et al.*, 2006)。Cruz-Rivera 等(2000)研究表明, 钩虾 *A. logimana* 对海藻的摄食选择性与海藻的营养价值并不密切相关。另外, 海藻纤维含量不同可能也会造成钩虾摄食难度不一, 我们将进一步研究海藻成分对钩虾摄食的影响。

钩虾对大型海藻群落的影响主要通过选择性摄食来实现的。Brawley 等(1981)报道雷氏藻钩虾 *A. raimondi* 能明显减少浒苔、水芸等一些附生丝状藻类的蔓生, 当钩虾密度 $>1 \text{ ind/cm}^2$, 丝状海藻消失。Duffy 等(2000)的研究结果也显示, *A. longimana* 能强烈抑制丝状绿藻的生长。已有的研究数据表明, 浒苔是钩虾喜食的藻类(Balducci *et al.*, 2001; Goecker *et al.*, 2003)。本研究也得出了相似的结论, 在常见的绿藻中, 中华原钩虾对浒苔的摄食率比其他绿藻更高, 虽然不同规格钩虾对浒苔的日摄食率有所不同, 但均表现出对浒苔的青睐, 原因可能是浒苔交错缠绕为钩虾提供理想的栖息环境, 而且其含水率高, 适于钩虾的啃食。近年来, 我国北方越来越多的养殖业者对钩虾进行海水池塘粗放式养殖, 即利用浒苔等藻类作为饵料培养钩虾, 为对虾提供优质天然生物饵料。可

见, 钩虾是初级生产向更高营养级流动的重要通道(Poltermann *et al.*, 2000), 利用钩虾的摄食压力抑制或控制养殖池塘里的浒苔等藻类, 可能是未来池塘丛生绿藻防控的有效手段。

3.2 中华原钩虾对其他类型饵料的摄食

钩虾在池塘生态系统中具有较好的生态功能, 其作为养殖经济鱼虾的饵料生物, 也发挥了良好的蛋白源作用。韩永望等研究表明(2012), 钩虾为养虾前期提供了丰富的优质天然饵料, 不仅增强了对虾体质, 增加了防疫抗病能力, 减少了病害的发生, 而且达到了健康养殖的目的, 为健康生态养殖模式提供了新途径。中华原钩虾除了能够摄食大型海藻, 也能摄食豆粕、虾饲料等人工配合饵料, 而且对虾饲料、豆粕的饵料吸收率较高, 说明中华原钩虾在藻类不丰富的季节也可通过人工投喂进行培育, 这也与韩永望等(2012)研究结果相似。

钩虾有昼伏夜出的习性(刘艳春等, 2007), 白天受光照影响, 多数个体栖息于海藻丛中或遮蔽物下, 夜晚活动较频繁, 因而其摄食量也随着觅食活动的增强而增加。本实验中, 中华原钩虾白昼和夜晚摄食率差异不显著, 但夜间摄食量要高于白天, 根据其昼夜摄食规律, 我们在中华原钩虾人工培育中可调整早晚饲料投喂比例, 避免造成不必要的资源浪费, 减少饵料污染, 有利于清洁生产。

3.3 不同养殖密度中华原钩虾对浒苔的摄食

养殖密度是影响水体生产力的重要因素, 一般认为, 随着养殖密度的增加, 单位水体的产量也随之上升, 养殖个体对资源、空间的竞争加剧, 引起动物生理指标等产生相应的变化, 导致动物摄食、存活、能量代谢等一系列变化(柳敏海等, 2012)。Williams 等(1996)研究发现凡纳滨对虾 *Litopenaeus vannamei* 存活率与养殖密度呈负相关, 摄食率随养殖密度增加而降低。丁厚猛等(2015)研究认为, 密度过高会降低西伯利亚杂交鲟(*Siberia hybrid sturgeon*)幼鱼的饵料吸收效率, Fagerlund 等(1981)也发现低密度银大马哈鱼 *Oncorhynchus keta* 幼鱼更为有效的吸收利用饵料。本研究不同养殖密度的实验结果与上述研究一致, 随着中华原钩虾养殖密度的增加, 其日摄食量增加, 但是日摄食率及存活率随养殖密度增大呈降低趋势, 可能是高密度时中华原钩虾竞争摄食, 增加了饵料的消耗, 同时中华原钩虾为抵抗养殖密度过高造成的竞争而增加能量等消耗。由此, 我们推测如果要发挥中华原钩虾的生态功能, 可以通过短时间增加其

养殖密度来防控池塘等封闭水域的浒苔等丛生藻类;如果要利用其作为蛋白源,则需要结合实际,根据环境因素、养殖条件、产量需求等确定合适的养殖密度。

4 结论

综上所述,中华原钩虾偏爱摄食含水率高的丛生绿藻(如浒苔),在封闭半封闭水域(尤其是海水池塘),利用钩虾的摄食压力抑制或控制浒苔等大型海藻,可能作为防控海水池塘浒苔暴发的有效手段。在大型海藻不丰富的季节,通过投喂人工饵料进行中华原钩虾培育,可为养殖经济鱼虾提供优质天然饵料。中华原钩虾在初级生产者到高层捕食者的能量传递中具有重要的生态作用。

参 考 文 献

- 丁厚猛, 李吉方, 温海深等, 2015. 放养密度对西伯利亚杂交鲟摄食、生长以及肌肉组分的影响. 海洋湖沼通报, (1): 79—84
- 任先秋, 2002. 中国动物志. 北京: 科学出版社, 252
- 刘艳春, 苑春亭, 蒋万钊等, 2007. 藻钩虾在池塘生态养虾中的利用. 齐鲁渔业, 24(1): 28—29
- 郑新庆, 黄凌风, 李元超等, 2013. 啃食性端足类强壮藻钩虾对筲箕湖三种大型海藻的摄食选择性. 生态学报, 33(22): 7166—7172
- 柳敏海, 彭志兰, 张凤萍等, 2012. 养殖密度对条石鲷生长、摄食和行为的的影响. 上海海洋大学学报, 21(4): 530—534
- 韩永望, 李 健, 李吉涛等, 2012. 强壮藻钩虾对中国明对虾与日本囊对虾生长和抗病力的影响. 水产学报, 36(9): 1443—1449
- 薛素燕, 毛玉泽, 方建光等, 2016. 中华原钩虾的胚胎发育及其与水温的关系. 水产学报, 40(11): 1705—1712
- Balducci C, Sfriso A, Pavoni B, 2001. Macrofauna impact on *Ulva rigida* C. Ag. production and relationship with environmental variables in the lagoon of Venice. Marine Environmental Research, 52(1): 27—49
- Brawley S H, Adey W H, 1981. The effect of micrograzers on algal community structure in a coral reef microcosm. Marine Biology, 61(2—3): 167—177
- Cruz-Rivera E, Hay M E, 2000. Can quantity replace quality? Food choice. Compensatory feeding, and fitness of marine mesograzers. Ecology, 81(1): 201—219
- Cruz-Rivera E, Hay M E, 2001. Macroalgal traits and the feeding and fitness of an herbivorous amphipod: the roles of selectivity, mixing, and compensation. Marine Ecology-Progress Series, 218: 249—266
- Cruz-Rivera E, Hay M E, 2003. Prey nutritional quality interacts with chemical defenses to affect consumer feeding and fitness. Ecological Monographs, 73(3): 483—506
- Duffy J E, Hay M E, 2000. Strong Impacts of grazing amphipods on the organization of a benthic community. Ecological Monographs, 70(2): 237—263
- Duffy J E, Reynolds P L, Boström C *et al*, 2015. Biodiversity mediates top-down control in eelgrass ecosystems: a global comparative-experimental approach. Ecology Letters, 18(7): 696—705
- Fagerlund U H M, McBride J R, Stone E T, 1981. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon. Transactions of the American Fisheries Society, 110(5): 644—649
- Geertz-Hansen O, Sand-Jensen K, Hansen D F *et al*, 1993. Growth and grazing control of abundance of the marine macroalga, *Ulva lactuca* L. in a eutrophic Danish estuary. Aquatic Botany, 46(2): 101—109
- Goecker M E, Kåll S E, 2003. Grazing preferences of marine isopods and amphipods on three prominent algal species of the Baltic Sea. Journal of Sea Research, 50(4): 309—314
- Hauxwell J, McClelland J, Behr P J *et al*, 1998. Relative importance of grazing and nutrient controls of macroalgal biomass in three temperate shallow estuaries. Estuaries, 21(2): 347—360
- Jeong S J, Yu O H, Suh H L, 2007. Life history and reproduction of *Jassa slatteryi* (Amphipoda, Ischyroceridae) on a seagrass bed (*Zostera marina* L.) in southern Korea. Journal of Crustacean Biology, 27(1): 65—70
- Poltermann M, Hop H, Falk-Petersen S, 2000. Life under Arctic sea ice-reproduction strategies of two sympagic (ice-associated) amphipod species, *Gammarus wilkitzkii* and *Apherusa glacialis*. Marine Biology, 136(5): 913—920
- Slansky Jr F, 1993. Nutritional ecology: the fundamental quest for nutrients. In: Stamp N E, Casey T M eds. Caterpillars: Ecological and Evolutionary Constraints on Foraging. New York: Chapman and Hall, 29—91
- Sotka E E, 2007. Restricted host use by the herbivorous amphipod *Peramphithoe tea* is motivated by food quality and abiotic refuge. Marine Biology, 151(5): 1831—1838
- Toth G B, Langhamer O, Pavia H, 2005. Inducible and constitutive defenses of valuable seaweed tissues: consequences for herbivore fitness. Ecology, 86(3): 612—618
- Valentine J F, Duffy J E, 2006. The central role of grazing in seagrass ecology. In: Larkum A W D, Orth R J, Duarte C M eds. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation. Dordrecht: Springer, 463—501
- Valiela I, McClelland J, Hauxwell J *et al*, 1997. Macroalgal blooms in shallow estuaries: controls and ecophysiological and ecosystem consequences. Limnology and Oceanography, 42: 1105—1118
- Williams A S, Davis D A, Arnold C R, 1996. Density-dependent growth and survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a semi-closed recirculating system. Journal of the World Aquaculture Society, 27(1): 107—112
- Xue S Y, Fang J G, Zhang J H *et al*, 2013. Effects of temperature and salinity on the development of the amphipod crustacean *Eogammarus sinensis*. Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 31(5): 1010—1017
- Yun H Y, Cruz J, Treitschke M *et al*, 2007. Testing for the induction of anti-herbivory defences in four Portuguese macroalgae by direct and water-borne cues of grazing amphipods. Helgoland Marine Research, 61(3): 203—209

FEEDING OF AMPHIPOD *EOGAMMARUS POSSJETICUS* ON *ULVA PROLIFERA* AND OTHER TYPES OF BAITS

XUE Su-Yan^{1, 2}, MAO Yu-Ze^{1, 2}, DING Jing-Kun¹, JIANG Zeng-Jie¹, FANG Jian-Guang¹

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Eco-environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China)

Abstract The feeding of the amphipod *Eogammarus possjeticus* on green algae including *Ulva prolifera*, *Ulva intestinalis*, *Ulva compressa*, *Chaetomorpha linum*, and *Cloniophora* sp. was studied, and compared with other types of feeds (including artificial bait). The results showed that the feeding rate and assimilation efficiency of *E. possjeticus* were positively correlated with the water content of green algae. It seemed that the amphipods had obvious compensatory feeding behavior on the green algae for adequate nourishment, and had higher assimilation efficiency on soybean meal, indicating that *E. possjeticus* could be cultivated with artificial feeding as well. In addition, *E. possjeticus* showed a day-night rhythm of feeding (better intake at the night), thus feeding more at night could be better for less pollution. In addition, the amount of feed increased with the increase of stocking density of *E. possjeticus*, and the feeding rate and survival rate were negatively correlated with the increase in the stocking density. Meanwhile, the food consumption increased as the result of competitive feeding of the amphipods for energy consumption to resist the competition in a high stocking density. Therefore, the amphipods showed good ecological functions by depressing the growth of green algae, and they could become a good protein source of fish and shrimp in aquaculture.

Key words *Eogammarus possjeticus*; green algae; artificial bait; feeding rate