

于浩,刘光兴,陈洪举. 3 种浮游生物网对强壮箭虫捕获效率的比较研究[J]. 海洋学报, 2015, 37(10): 141—145, doi: 10. 3969/j. issn. 0253-4193. 2015. 10. 014

Yu Hao, Liu Guangxing, Chen Hongju. A comparison study of the capture efficiency for *Sagitta crassa* of three types of plankton nets [J]. Haiyang Xuebao, 2015, 37(10): 141—145, doi: 10. 3969/j. issn. 0253-4193. 2015. 10. 014

3 种浮游生物网对强壮箭虫捕获效率的比较研究

于浩¹, 刘光兴^{1,2}, 陈洪举^{1,2*}

(1. 中国海洋大学 环境科学与工程学院, 山东 青岛 266100; 2. 中国海洋大学 海洋环境与生态教育部重点实验室, 山东 青岛 266100)

摘要: 为了比较大型浮游生物网(网孔 505 μm)、WP-2 型浮游生物网(网孔 200 μm)和小型浮游生物网(网孔 77 μm)对强壮箭虫(*Sagitta crassa*)的捕获效率,利用 2012 年 11 月在渤海中部采集的浮游动物样品进行了分析。结果显示:小网的捕获效率最高,分别为大网的 2.9 倍、WP-2 网的 1.3 倍;大网对体长 9 mm 以下个体有明显漏采,WP-2 网对体长 4 mm 以下和部分 4~5 mm 个体有明显漏采,小网对体长 9 mm 以上个体的捕获效率略低于大网和 WP-2 网。不同网具的捕获效率与箭虫个体大小密切相关,个体越小,网具间捕获效率的差异越明显,随着体长增大,差异缩小。建议今后在强壮箭虫的繁殖季节采集小网样品,作为其他网具样品的必要补充,为毛颚动物的种群动力学研究提供更全面、准确的基础数据。

关键词: 浮游生物网; 捕获效率; 强壮箭虫

中图分类号: Q958. 8

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2015)10-0141-05

1 引言

浮游生物网是定量采集浮游动物的重要工具。国际上使用最广泛的是网孔 200 μm 的 WP-2 型浮游生物网(简称 WP-2 网)^[1],国内常用网孔 505 μm 的大型浮游生物网(简称大网)和网孔 160 μm 的中型浮游生物网(简称中网)。但日益增多的研究表明,网孔 200 μm 以上的网具严重漏采以小型桡足类为代表的小个体浮游动物,使浮游动物的丰度、生物量和次级生产力等数据出现严重偏差^[2-6],网孔 100~200 μm 的网具也存在不同程度的漏采^[3]。因此,许多国外学者开始使用网孔 100 μm 以下的小孔径网采集浮游动物^[7-11]。在国内,网孔 77 μm 的小型浮游生物网(简

称小网)主要用来采集浮游植物,用于浮游动物的研究鲜有报道。若要用小网定量采集浮游动物,必须首先测试其捕获效率,并同目前常用的网具进行对比。

浮游生物网的捕获效率研究多以桡足类(Copepoda)为重点关注对象^[3-4,7-8,12],而对海洋中另一重要类群毛颚类(Chaetognatha)的捕获效率研究相对较少。毛颚类是上、中层鱼类和幼鱼的重要饵料,同时又可捕食桡足类等浮游动物,在海洋食物网中起到承上启下的重要作用。毛颚类身体柔软、瘦长,体宽变化范围大,从几十微米至几十毫米不等。在网内水流压力的作用下,不同孔径的网具有可能漏过不同体宽的个体,使捕获效率产生差异。有研究显示,网孔较小的网具捕获的毛颚类总丰度更高^[9-10,13];相反地,

收稿日期: 2015-01-05; 修订日期: 2015-05-29。

基金项目: 国家自然科学基金重大国际(地区)合作研究项目(41210008); 高校基本科研业务费专项课题(201262017)。

作者简介: 于浩(1988—),男,山东省青岛市人,从事海洋浮游动物生态学研究。E-mail: yuhao1988@outlook.com

* 通信作者: 陈洪举,男,讲师,主要从事生物海洋学研究。E-mail: hongjuc@ouc.edu.cn

也有网孔小而捕获效率低的情况出现^[11,14]。但这些研究仅对比了毛颚类总丰度的差异,并未具体分析差异产生的原因。

本文以渤海的毛颚类优势种强壮箭虫(*Sagitta crassa*)为研究对象,对比大网、WP-2 网和小网的捕获效率,并分析捕获效率与个体大小之间的关系,以期为更加准确地定量研究我国近海毛颚类提供采样方法的依据。

2 材料与方法

2.1 样品采集和分析

2012 年 11 月 17 日至 19 日乘坐中国海洋大学“东方红 2”号船在渤海中部水域选取海况良好的 6 个站位进行实验(图 1)。为确保采样水体、拖网速度和深度一致,将 3 种网具(大网:网口内径 80 cm、网孔 505 μm,WP-2 网:网口内径 57 cm、网孔 200 μm,小网:网口内径 37 cm、网孔 77 μm)的网口用不锈钢圈并排固定在同一平面。以 0.8~1.0 m/s 的速度底至表垂直拖网,以拖网绳长乘以网口面积计算滤水量。浮游动物样品立即用最终浓度 5% 的海水甲醛溶液固定。

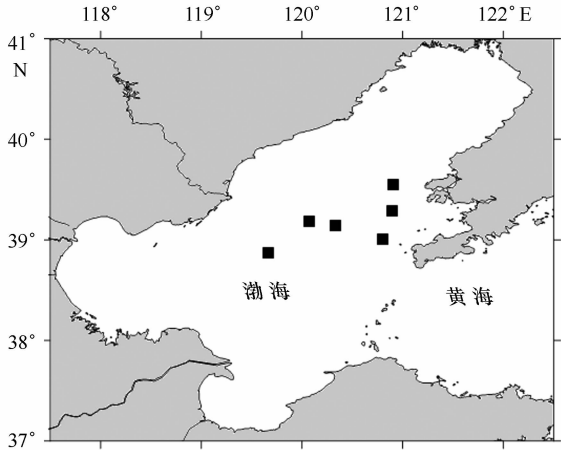


图 1 调查海区 and 采样站位

Fig. 1 Investigation area and sampling sites

样品运回实验室后,在体视显微镜(Leica S8APO)下镜检分析。计数时将每个样品混合均匀,随机取出 1/10~1/2 并计数至少 200 只强壮箭虫,不足则计数全样。以样品中的个体数除以滤水量计算总丰度(单位:ind/m³)。体长测量以箭虫头部前端至尾鳍末端计,以 1 mm 为间隔将 1~9 mm 的个体分为 8 段,9 mm 以上个体为 1 段,共 9 段,计算各体长段

的丰度。从各样品中随机挑选 450 只(每个体长组内 50 只)口部闭合、身体呈直线型的个体,测量其头宽(代表身体最大宽度)和体长并计算头宽一体长回归方程。

2.2 数据处理

捕获效率的相对高低通过不同网具丰度的比值来反映。应用 ORIGIN 9.0 软件绘制强壮箭虫的头宽一体长关系图并建立回归方程(最小二乘法)。应用 SPSS 22.0 软件检验头宽一体长相关关系显著性和各站位不同网具总丰度之间的相关关系显著性,应用单因素 ANOVA 功能分析网具间箭虫丰度差异的显著性,并用 Turkey 检验进行网型间箭虫丰度差异的两两事后多重比较,显著性水平 $P=0.05$ 。

3 结果与讨论

3.1 头宽一体长关系

样品中的强壮箭虫体长范围是 1.0~17.5 mm。强壮箭虫头宽(单位:μm)与体长(单位:mm)之间呈现极显著的正相关关系(图 2),线性回归方程为: $y=58.8x+16.3, r^2=0.990, P<0.01$ 。

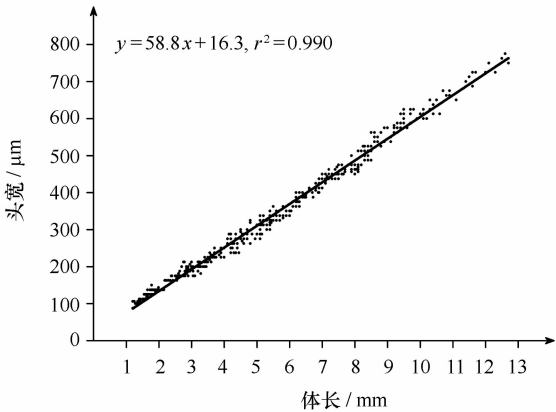


图 2 强壮箭虫头宽一体长线性关系($n=450$)

Fig. 2 Linear relationship between *S. crassa* head width and body length ($n=450$)

3.2 总丰度和各体长段丰度比较

3 种网具对强壮箭虫的捕获效率存在明显差异。小网捕获的强壮箭虫总丰度最高,达到 631.1 ind/m³;WP-2 网的总丰度次之,为 504.8 ind/m³;大网的总丰度最低,仅为 216.8 ind/m³。小网的捕获效率为大网的 2.9 倍、WP-2 网的 1.3 倍,网孔越小捕获效率越高。根据单因素 ANOVA 的分析结果,3 种网型采集的箭虫总丰度差异显著($P<0.05$),Turkey 检验表

明大网和小网之间的总丰度差异极显著($P < 0.01$)。各站位不同网具的总丰度之间无显著相关关系($P > 0.05$),即捕获效率不依赖于丰度。

3种网具捕获的各体长段丰度对比情况如图3所示,捕获效率随体长变化情况如图4所示。除9 mm以上段之外,大网的捕获效率低于其他两种网具,且个体越小其捕获效率越低,其中大网对1~2 mm个体的捕获效率与小网差异极显著($P < 0.01$),仅为小网的4.4%;捕获效率随着体长增大而升高,与其他两种网具的差异逐渐缩小并在9 mm以上段与WP-2网基本持平。WP-2网的捕获效率高于大网,但对体长1~4 mm个体的捕获效率低于小网,在差距最大的1~2 mm段仅为小网的44.7%;对1~4 mm个体的捕获效率随体型增大而升高,在4~8 mm段稍低于小网。小网对1~9 mm段的捕获效率始终高于其他两种网具,特别是在1~4 mm段优势最明显;对9 mm以上个体的捕获效率出现偏低的迹象,约为其他两种网具的80%。

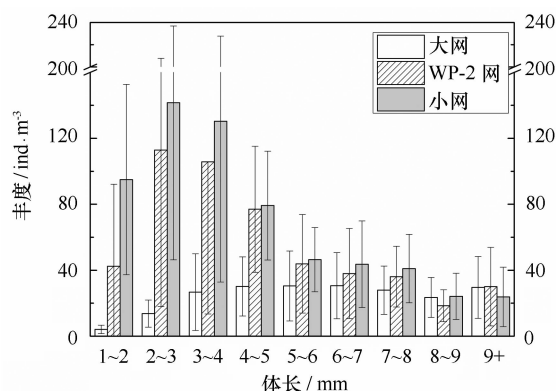


图3 3种网具捕获的强壮箭虫各体长段丰度对比
Fig. 3 Comparison of *S. crassa* abundance by body length intervals among the 3 nets

4 讨论

从总丰度来看,捕获效率由高到低依次为小网、WP-2网和大网,小孔径网具捕获效率更高。以往的研究中也有相似的结果,例如:Pitois等^[9]在北海的Dove长期监测站的研究表明,箭虫(*Sagitta* spp.,平均头宽394.5 μm)在用网孔60 μm 的浮游生物网采样品中占优势,而在使用网孔200 μm 及以上网采的样品中从未成为优势种类;Riccardi^[10]在威尼斯潟湖的研究表明,网孔200 μm 的网具相比80 μm 网具会漏采73.2%的毛箭虫(*S. setosa*,平均体长2.591

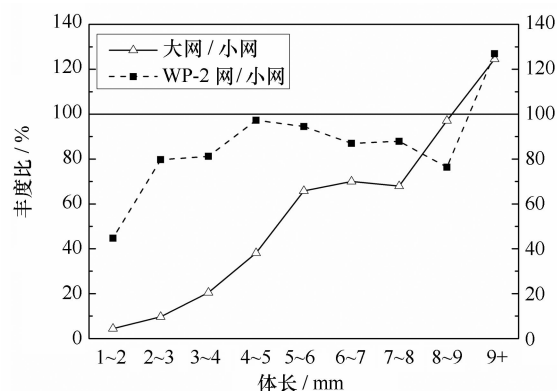


图4 大网/小网、WP-2网/小网丰度比与强壮箭虫体长关系

Fig. 4 Relationship between *S. crassa* abundance ratio (coarse net/fine net, WP-2 net/fine net) and body length

mm)个体。

强壮箭虫总丰度的差异是各体长段丰度差异总和的体现,各体长组丰度差异是由箭虫最大体宽与网孔最大宽度之间的关系决定的。强壮箭虫身体宽度最大的部位依次为侧鳍、尾鳍和头部,虽然侧鳍和尾鳍宽度大于头部,但由于身体和鳍质地柔软,受机械压力作用很容易弯曲变形,因此选择头宽代表最大体宽。当箭虫的头宽小于网孔对角线长度(网孔最大宽度)时可能发生漏采,导致捕获效率降低。大网、WP-2网和小网网孔对角线长度分别为714 μm 、283 μm 和109 μm 。根据头宽-体长回归方程,头宽为714 μm 、283 μm 和109 μm 时箭虫的体长分别为11.9 mm、4.5 mm和1.6 mm。因此,理论上体长1~9 mm和部分9 mm以上的个体可能漏过大网,WP-2网可能漏过1~4 mm和部分4~5 mm的个体,小网可以漏过部分2 mm以下的个体。由图3可见,大网对体长1~9 mm的强壮箭虫确实存在漏采,WP-2网理论上可漏过的部分与实际漏采最严重的范围也基本一致。小网是否漏采了体长2 mm以下的个体以后可尝试采用更小网孔径的网具加以验证。

由图3知,对体长1~9 mm的强壮箭虫而言,网孔越小捕获效率越高,体长越小捕获效率的差异越大;随着体长逐渐增大至9 mm,3种网具的捕获效率差异缩小。对于体长9 mm以上的强壮箭虫,大网和WP-2网的捕获效率基本持平,而小网的捕获效率出现低于其他两种网具的迹象。由于体长大于9 mm的个体数量较少,各网型间丰度差距不大,尚不能在

统计学上判定小网的捕获效率确实低于其他两种网具。相似地, Makabe 等^[11]在南大洋 Lützow-Holm 湾捕获的毛颚类平均体长超过 10 mm, 用网孔 60 μm 网捕获的毛颚类丰度却比 100 μm 网的低了 10%。出现这种结果可能的原因是: 小孔径网网孔小, 底表拖网过程中会在网口前方产生较强的水流扰动, 更容易警示毛颚类避网; 且小孔径网网口面积小, 体型大的毛颚类运动能力强。两种因素均可增加大个体强壮箭虫对小孔径网的避网成功率, 导致小孔径网的捕获效率下降。这一假设有待于进一步证实。

此外, 由图 3 还可以看出, 箭虫的体长频度分布情况与网型有关。小网和 WP-2 网的特征基本相似, 即体长 1~5 mm 部分频度高, 约占总丰度的 75%, 在 2~3 mm 段达到峰值, 约为总丰度的 22%。这是由于本文采样期间(11 月)正处于渤海强壮箭虫的繁殖期^[15], 幼体大量出现所致。大网样品中体长 3~8 mm 部分频度高, 约占总丰度的 78%, 峰值不明显, 体长频度分布显然与真实情况不符。以往使用大网进行的强壮箭虫种群动力学研究^[16]很可能低估了繁殖季节强壮箭虫幼体的丰度, 造成体长频度分布结果失真, 依据丰度推算生物量等数据也会产生偏差。根据 Uye^[17]建立的强壮箭虫干重生物量与体长关系的线

性方程, 结合各体长段的丰度数据, 估算单位水体中 1~9 mm 强壮箭虫的总干重生物量, 小网的结果约为 WP-2 网的 1.2 倍、大网的 1.6 倍。

事实证明, 不同的采样网具在性能上各有优劣, 在功能上互为补充^[1,18]。小网对小个体强壮箭虫的捕获效率高, 但不利于采集大个体; 其他两种网具对小个体的捕获效率虽不如小网, 但适合采集大个体。建议在强壮箭虫的繁殖季节使用小网采样, 作为其他网具样品的必要补充, 为强壮箭虫种群动力学研究获得更全面、更准确的基础数据。

5 结论

(1) 对于体长 1~9 mm 的强壮箭虫, 捕获效率由高到低依次为小网、WP-2 网和大网。不同网具的捕获效率与箭虫个体大小密切相关, 体型越小, 网具间捕获效率的差异越明显, 随着体长增大, 差异缩小。

(2) 对于体长 9 mm 以上的强壮箭虫, 大网和 WP-2 网的捕获效率基本持平, 小网的捕获效率略低于其他两种网具, 这可能是大个体强壮箭虫避网导致的。

致谢: 侯瑞、潘益锋和李雨苑同学帮助采集浮游动物样品; “东方红 2”号调查船提供采样平台, 谨致谢忱。

参考文献:

- [1] Wiebe P H, Benfield M C. From the Hensen net toward four-dimensional biological oceanography[J]. Prog Oceanogr, 2003, 56(1): 7—136.
- [2] 王荣, 张鸿雁, 王克, 等. 小型桡足类在海洋生态系统中的功能作用[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(5): 453—460.
Wang Rong, Zhang Hongyan, Wang Ke, et al. Function performed by small copepods in marine ecosystem[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2002, 33(5): 453—460.
- [3] Nichols J H, Thompson A B. Mesh selection of copepodite and nauplius stages of four calanoid copepod species[J]. J Plankton Res, 1991, 13(3): 661—671.
- [4] Hopcroft R R, Roff J C, Lombard D. Production of tropical copepods in Kingston Harbour, Jamaica: the importance of small species[J]. Mar Biol, 1998, 130(4): 593—604.
- [5] Gallienne C P, Robins D B. Is *Oithona* the most important copepod in the world's oceans? [J]. J Plankton Res, 2001, 23(12): 1421—1432.
- [6] Turner J T. The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs[J]. Zoological Studies, 2004, 43(2): 255—266.
- [7] Hwang J S, Kumar R, Dahms H U, et al. Mesh size affects abundance estimates of *Oithona* spp. (Copepoda, Cyclopoida)[J]. Crustaceana, 2007, 80(7): 827—837.
- [8] Di Mauro R, Capitanio F, Viñas M D. Capture efficiency for small dominant mesozooplankters (Copepoda, Appendicularia) off Buenos Aires Province (34°S—41°S), Argentine Sea, using two plankton mesh sizes[J]. Braz J Oceanogr, 2009, 57(3): 205—214.
- [9] Pitois S G, Shaw M, Fox C J, et al. A new fine-mesh zooplankton time series from the Dove sampling station (North Sea)[J]. J Plankton Res, 2009, 31(3): 337—343.
- [10] Riccardi N. Selectivity of plankton nets over mesozooplankton taxa: implications for abundance, biomass and diversity estimation[J]. J Limnol, 2010, 69(2): 287—296.
- [11] Makabe R, Tanimura A, Fukuchi M. Comparison of mesh size effects on mesozooplankton collection efficiency in the Southern Ocean[J]. J Plankton Res, 2012, 34(5): 432—436.
- [12] Wu C J, Shin C M, Chiang K P. Does the mesh size of the plankton net affect the result of statistical analyses of the relationship between the copepod community and water masses? [J]. Crustaceana, 2011, 84(9): 1069—1083.
- [13] 连喜平, 谭烨辉, 刘永宏, 等. 两种浮游生物网对南海北部浮游动物捕获效率的比较[J]. 热带海洋学报, 2013, 32(3): 33—39.

- Lian Xiping, Tan Yehui, Liu Yonghong, et al. Comparison of capture efficiency for zooplankton in the northern South China Sea, using two plankton mesh sizes[J]. J Trop Oceanogr, 2013, 32(3): 33—39.
- [14] 王荣, 王克. 两种浮游生物网捕获性能的现场测试[J]. 水产学报, 2003, 27(S1): 98—102.
Wang Rong, Wang Ke. Field test of capture capabilities of two plankton nets[J]. J Fish China, 2003, 27(S1): 98—102.
- [15] 毕洪生, 孙松, 高尚武, 等. 渤海浮游动物群落生态特点: III. 部分浮游动物数量分布和季节变动[J]. 生态学报, 2001, 21(4): 513—521.
Bi Hongsheng, Sun Song, Gao Shangwu, et al. The characteristics of zooplankton community in the Bohai Sea: III. The distribution of abundance and seasonal dynamics of major taxa except copepoda[J]. Acta Ecolog Sin, 2001, 21(4): 513—521.
- [16] 霍元子, 孙松, 杨波. 南黄海强壮箭虫(*Sagitta crassa*)的生活史特征[J]. 海洋与湖沼, 2010, 41(2): 180—185.
Huo Yuanzi, Sun Song, Yang Bo. Life cycle of the chaetognath *Sagitta crassa* in the Southern Yellow Sea, China[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2010, 41(2): 180—185.
- [17] Uye S. Length-weight relationships of important zooplankton from the Inland Sea of Japan[J]. J Oceanogr Soc Jpn, 1982, 38(3): 149—158.
- [18] Skjoldal H R, Wiebe P H, Postel L, et al. Intercomparison of zooplankton (net) sampling systems: results from the ICES/GLOBEC sea-going workshop[J]. Prog Oceanogr, 2013, 108: 1—42.

A comparison study of the capture efficiency for *Sagitta crassa* of three types of plankton nets

Yu Hao¹, Liu Guangxing^{1,2}, Chen Hongju^{1,2}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Key Laboratory of Marine Environment and Ecology, Ocean University of China, Ministry of Education, Qingdao 266100, China)

Abstract: To compare the capture efficiency for *Sagitta crassa* (chaetognatha) of three types of plankton nets (505 μm meshed coarse net, 200 μm meshed WP-2 net and 77 μm meshed fine net), zooplankton samples were collected in central Bohai Sea in November, 2012. The fine net outperformed the other two nets, respectively capturing 1.3 and 2.9 times the abundance of the WP-2 net and the coarse net. The coarse net apparently under-sampled less than 9 mm long individuals; the WP-2 net under-sampled less than 4 mm long and a fraction of 4—5 mm long individuals; while the fine net appeared to be slightly less efficient when capturing more than 9 mm long individuals. The capture efficiency was closely correlated to the body size of *S. crassa*: smaller body size caused greater differences in capture efficiency of the nets. As for more than 9 mm long individuals, avoidance of *S. crassa* probably accounted for the slightly lower capture efficiency of the fine net. We recommend that the fine net be employed for sampling *S. crassa* during reproduction periods to provide supplementary results to other types of nets, thus more reliable data could be obtained for future research of population dynamics.

Key words: plankton nets; capture efficiency; *Sagitta crassa*